

MONITORIZAREA EVOLUȚIEI RAVENELOR TEST DIN PODIȘUL MOLDOVEI ÎN PERIOADA 1986 - 2008

**Maria RĂDOANE, Nicolae RĂDOANE, Ionut CRISTEA, Liviu
POPESCU, Ionut BĂRNOAIA, Vasile BUDUI, Francesca CHIRILOAEI**

1. Introducere

În cadrul proiectului CEEEX *Reabilitarea ecologică și managementul durabil al zonelor cu terenuri degradate prin eroziune în adâncime și/sau alunecări de teren din Moldova* am monitorizat evoluția ravenelor din Podișul Moldovei asupra cărora am publicat deja numeroase rezultate privind stadiul lor de evoluție până în 1990 (Rădoane et al., 1994, 1995, 1999). În perioada 2007-2008 ne-am preocupat să observăm ce evoluție au avut ravenele test și dacă modelul de evoluție propus în 1999 este verificat de noile măsurători.

Selectarea teritoriului dintre cele două mari râuri pentru localizarea cercetărilor asupra degradării terenurilor prin eroziune în adâncime și alunecări de teren se justifică prin raporturile, puternica fragmentare a reliefului, pante mari, rezistența redusă a substratului geologic la eroziune etc. Toate aceste caracteristici au fost pe larg prezentate în lucrarea de mai mare anvergură (Rădoane et al., 1999).

Fondul de date pe care l-am folosit pentru realizarea modelului de prognoză a avansării vârfulor de ravenă a fost obținut de noi pe baza măsurătorilor în teren în perioada 1986-2008 asupra 17 ravene test, utilizând aparatură topografică și GPS Mobile Mapper. La un număr de 38 de ravene, am urmărit retragerea vârfulor, folosind materiale cartografice la scară mare, ridicate în diferite perioade de timp (hărți în scara 1/2000 și 1/5000) și ortofotoplanuri la scara 1/5000 din 2007.

Reluarea în observație a ravenelor test a fost începută în luna iulie a anului 2007, când seceta era atotcuprinzătoare și temperaturile depășeau 38°C. Imaginile culese au fost comparate cu planurile topografice și fotografiile realizate în anii anteriori. Concluzia obținută a fost că ravenele din partea de nord a Moldovei (în cazul de față, ravena Sulița) sunt în stadiu avansat de transformare în vâlcea, adică malurile devin ocupate de vegetație, muchiile se estompează și talvegul ia forma literei „U”. În schimb, am observat amonte de vârful principal al ravenei, numeroase canale active care, în viitor, se pot accentua și relua activitatea ravenei, fie pe același traseu sau unul paralel.

În condițiile intervenției antropice prin lucrări de refacere a solului, activitatea fâgașelor se poate întrerupe. În iunie 2008 s-au aplicat noile metode de măsurare a ravenelor test (aparatură topografică modernă și GPS Mobile Mapper, fig. 2,3,4) și rezultatele obținute sunt discutate în comparație cu cele obținute în 1986.

2. Baza de date și metodele de lucru

Ravenele test supuse monitorizării în anii 2007 - 2008 sunt date în tabelul 1, iar poziția lor în aria Podișului Moldovei este prezentată în fig. 1. Toate ravenele listate au fost ridicate topografic și realizate planuri în scări mare .

Tabelul 1. Caracteristicile morfometrice ale unor ravene studiate

Nr.	Numele	Lungimea (m)	Aria suprafeței (m ₂)	Adâncimea medie (m)	Energia (m)	Lățimea medie (m)	Suprafața medie a secțiunii transversale (m ₂)	Volumul de depozite dizlocate (m ³)
1	Sulița	1536,0	51266	4,41		33,71	108,44	
2	Gurguiata	704,5	35205	6,30		43,34	186,97	
3	Gurguiata Mică	145,0	1493		16,4			7088
4	Coadă Gâstii	158,8	720000	6,70		53,00	195,20	
5	Roșcani I	881,3	9969	4,35		12,36	30,82	
6	Roșcani II	338,0	3803	4,58		11,92	31,51	
7	Poiana I	351,0	5102	5,03		14,58	52,00	
8	Poiana II	247,5	5367	5,46		21,55	74,39	
9	Poiana III	87,7	787000	3,35		8,00	16,30	
10	Băzanu	873,8	11829	4,64		13,82	54,54	
11	Meria	290,0	6267	6,67		22,88	81,52	
12	Secărești I	424,0	8807		50,9			22453
13	Secărești II	414,0	5809		52,0			15108
14	Ceplenita	410,0	20076		42,8			55368
15	Ungureanu	263,0			27,3			7298
16	Deleni	262,0	3902		31,9			4371
17	Giurgeni	428,0	6269		36,4			26228

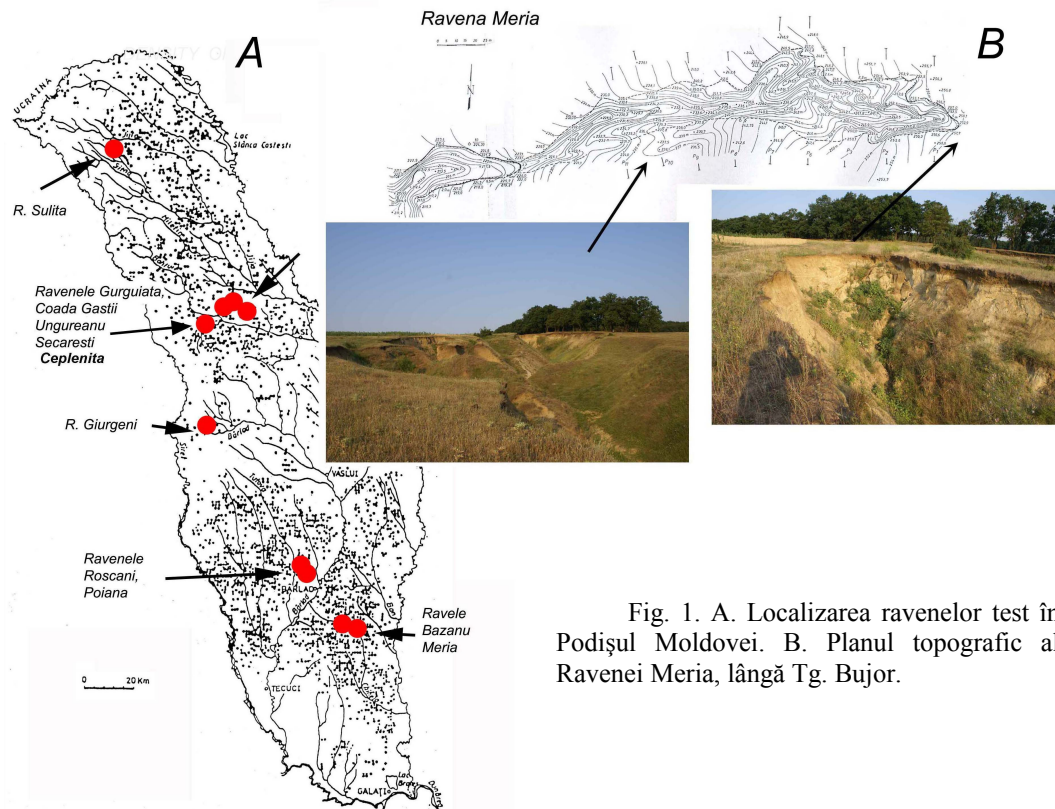


Fig. 1. A. Localizarea ravenelor test în Podișul Moldovei. B. Planul topografic al Ravenei Meria, lângă Tg. Bujor.

Planurile sunt redată în curbe de nivel, prezintă cote și o serie de microforme de relief cum ar fi pragul de obârșie, pragurile din talveg, muchia ravenei, procese de mal etc. Un exemplu este reprezentat în fig. 1, iar celelalte planuri ale ravenelor test măsurate sunt prezentate în lucrarea din 1999 (Rădoane et al). Ele au reprezentat baza de monitorizare a evoluției ravenelor în 2008.

Ravenele Gurguiata Mare, Gurguiata Mică, Coda Gâştii și Ungureanu au fost monitorizate în ce privește dezvoltarea areală cu ajutorul unui GPS Mobile Mapper (fig. 2) care au condus la obținerea liniilor de contur ale muchiei ravenelor. Acestea au fost suprapuse pe imaginile de pe ortofotoplanuri și am determinat dezvoltarea areală a ravenelor în 2008 față de 1986 (fig. 3).

Toate materialele cartografice obținute au stat la baza obținerii variabilelor morfometrice ale ravenelor test, dar și a ratelor de evoluție în ultimii 20 de ani. De asemenea, ne-am preocupat de calcularea indirectă a volumului de material evacuat prin formarea ravenelor.



↑
Fig. 2. Înregistrarea cu ajutorul GPS Mobile Mapper a conturului Ravenei Gurguiata Mare.

Fig. 3. Ravena Gurguiata Mare. Rezultatul suprapunerii înregistrării GPS din 2008 cu a ridicării topografice din 1986. →

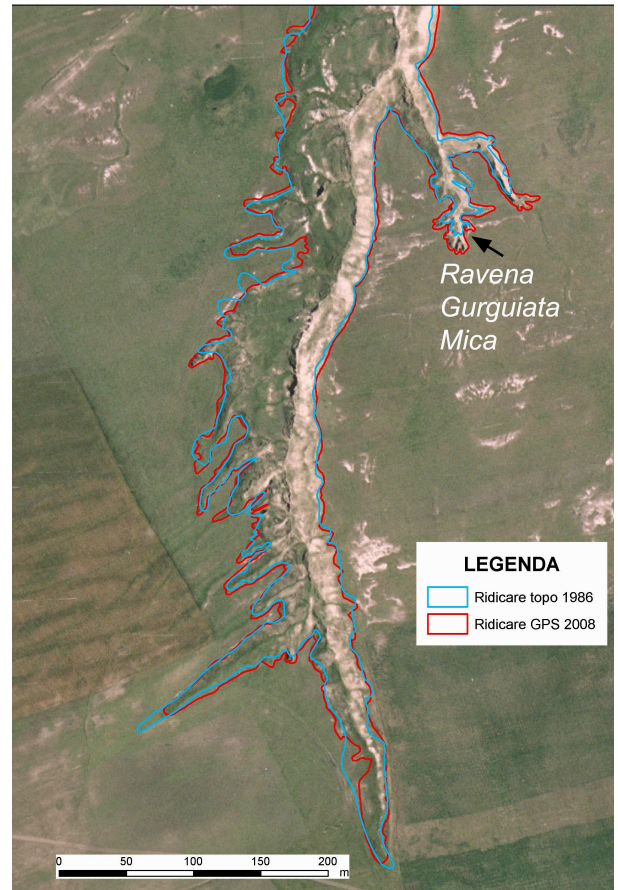


Fig. 4. Echipamentul Stației totale Leica TC 407 folosit pentru ridicarea topografică a Ravenei Gurguiata Mică (2 – 6 iunie 2008).



O altă bază de date a fost începută în ce privește compoziția chimică a apelor din ravenă. Pentru aceasta am recoltat probe de ape din perimetrul Ravenei Gurguiata Mare și reprezentarea grafică a distribuțiilor chimice este dată în fig. 5. Pentru recoltări de probe s-a utilizat trusa HQD pentru măsurători digitale de pH, conductivitate, oxigen dizolvat și temperatură, distribuită de firma Hach Lange. Temperatura de prelevare a fost cea pentru STAS-urile în vigoare variind între 18 - 23°C, senzorii utilizați fac corecția măsurătorii pentru temperatura optimă de 20°C.

Măsurătorile de pH au dat valori cuprinse între 7,5 - 9 unități pH, valori care se încadrează în STAS 6325/75 SR ISO 10523/97 pentru apele de suprafață, putând fi utilizate conform încadrării în limitele

stabilite pentru parametru ca apă potabilă. Oxigenul dizolvat pentru probele recoltate au valori între 5-20 mg/l, însă majoritatea sunt între 8-9 mg/l. Dacă ar fi îndeplinite condițiile legate de debit apa ar putea fi utilizată pentru un iaz de ciprinide.

Măsurătorile pentru conductivitate electrică au dat cele mai spectaculoase valori care în unele cazuri s-au apropiat de 30 000 $\mu\text{s/cm}$. Acest lucru credem că poate fi explicat datorită prezenței substanței organice în apă care influențează acest parametru.

Pentru punctele în care debitul de apă a fost suficient de mare, valorile de conductivitate au ajuns până la 1000 $\mu\text{s/cm}$, valori care se încadrează pentru încărcătura ce o pot avea în diferite elemente chimice și carbonați apele din zona Podișului Moldovei.

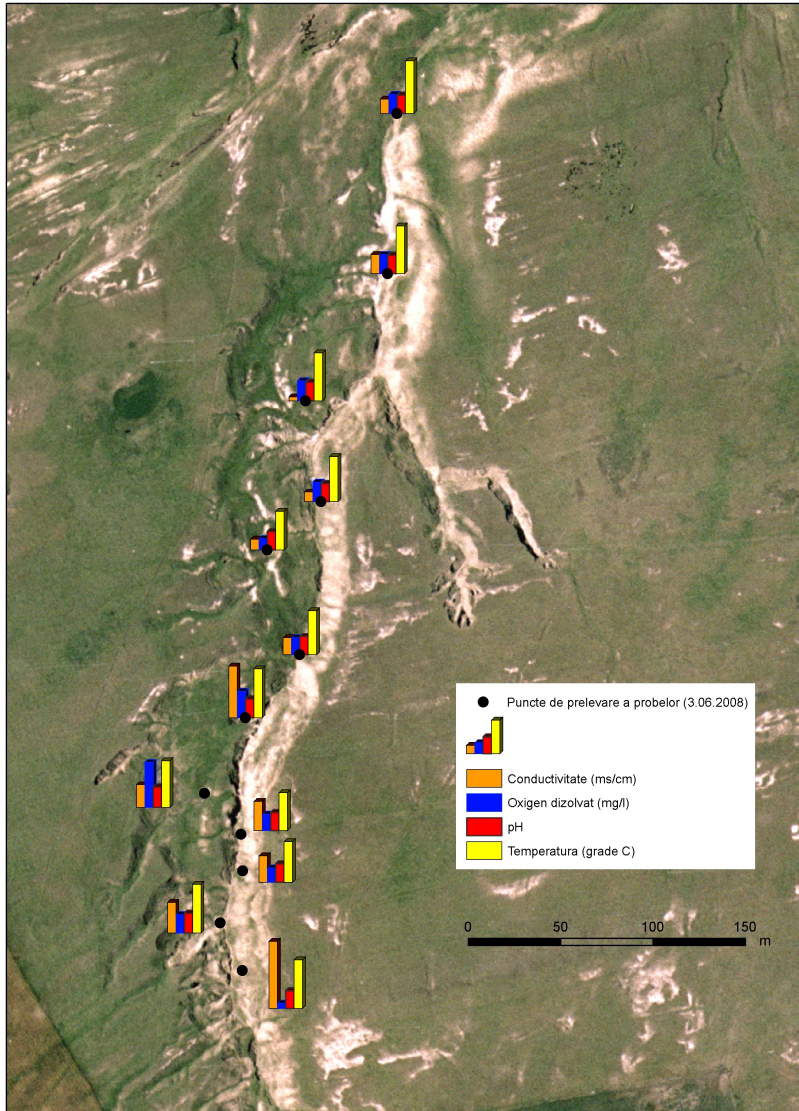


Fig. 5. Distribuția calității apelor în perimetrul ravenei Gurgiata Mare.

3. Realizarea modelului digital al ravenelor și evaluarea indirectă a materialului evacuat prin formarea ravenelor

Obținerea planurilor topografice în scări de 1:200 pentru ravenele studiate a permis în continuare o abordare în concepția Modelului Digital al Terenului a formei acestora. O primă exemplificare este cea în legătură cu Ravena Gurgiata Mare. Modelul numeric al terenului s-a realizat utilizându-se mai multe soft-uri: Global Mapper (pentru georeferențierea bazei de lucru), Map Maker (pentru digitizarea vectorilor), iar

pentru prelucrarea datelor am folosit ArcGis 9.1. Odată obținut, Modelul Digital al Terenului a permis apoi generarea unor seturi de materiale cartografice din care exemplificăm harta geodeclivității (fig. 6).

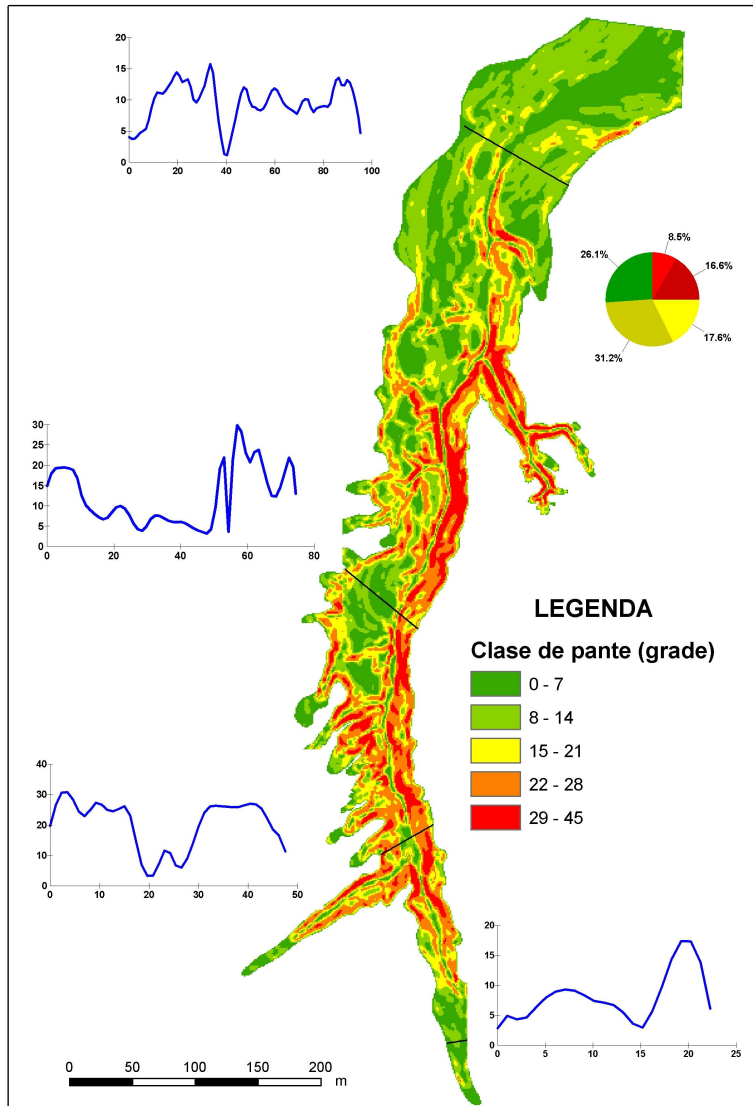


Fig. 6. Harta geodeclivităților în aria Ravenei Gurguiata Mare.

Ravena este într-un stadiu avansat de evoluție și are toate atributele transformării ei într-o vale de ordinul II. Profilul asimetric este datorat contribuției structurii monoclinale, ceea ce a determinat schițarea unei minicueste cu pante foarte mari de până la 45 grade pe partea dreaptă. Dimpotrivă, partea stângă a ravenei are un mal cu o mai largă dezvoltare areală, cu alunecări de teren monticulare și pante care se distribuie în jurul valorilor de 8 – 14 și 15 – 21 grade.

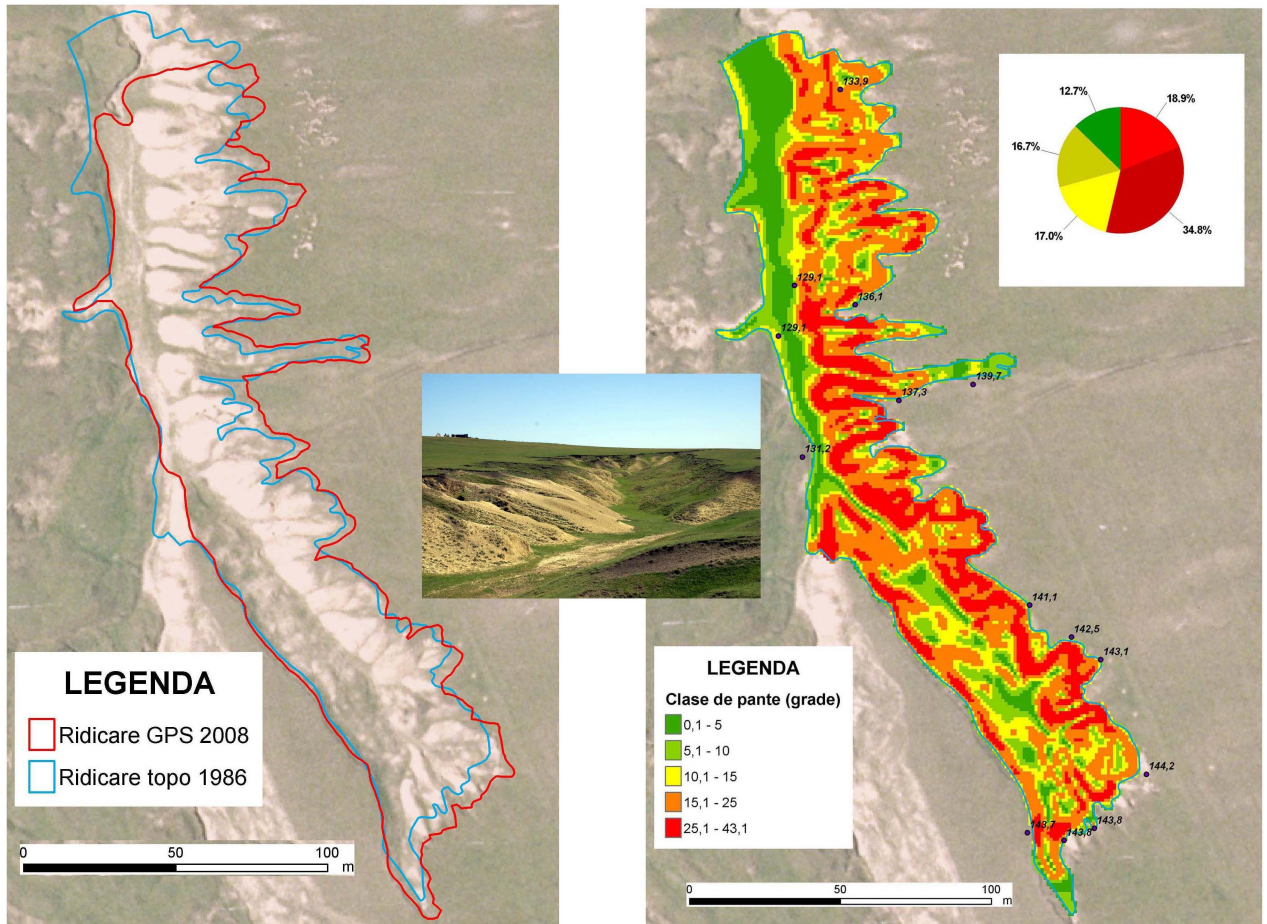


Fig. 7. Ravena Coada Găştii. Evoluția conturului ravenei în ultimii 22 ani (stânga). Distribuția geodeclivităților în aria ravenei (dreapta).

Dacă ravena mare are toate caracteristicile de a evolua într-o vale subsecventă, afluenții ravenei (în speță, ravena denumită de noi Gurguiata Mică, fig. 3) au o evoluție extrem de agresivă.

O altă problemă pe care ne-am pus-o a fost în legătură cu evaluarea indirectă a materialului evacuat prin adâncirea acestor forme de relief. Aceasta mai fost discutată în geomorfologia românească, una din ultimele abordări fiind cea propusă de Folea (2001), Popescu, Folea (2006). Autorii analizează pe larg, cu exemple din arealul piemontan dintre Putna și Trotuș, calcularea volumului erodat prin diferența dintre volumul reliefului inițial și volumul reliefului actual și evaluarea eroziunii pe baza grosimii materialului dislocat. Ultima metoda presupune reconstituirea prin curbe de nivel a suprafeței topografice inițiale (H_i), apoi împărțirea bazinului hidrografic în suprafețe module (pătrate), calcularea altitudinii medii a reliefului actual (H_{med}) și în fine, determinarea grosimii materialului erodat (Ger) din fiecare suprafață, prin calculul diferenței $H_i - H_{med}$. Volumul de material erodat se obține pentru fiecare unitate de suprafață pe baza formulei: $Ver = Ger \cdot S$, iar volumul total, prin însumarea volumelor parțiale – $V_{ter} = \sum Ver$.

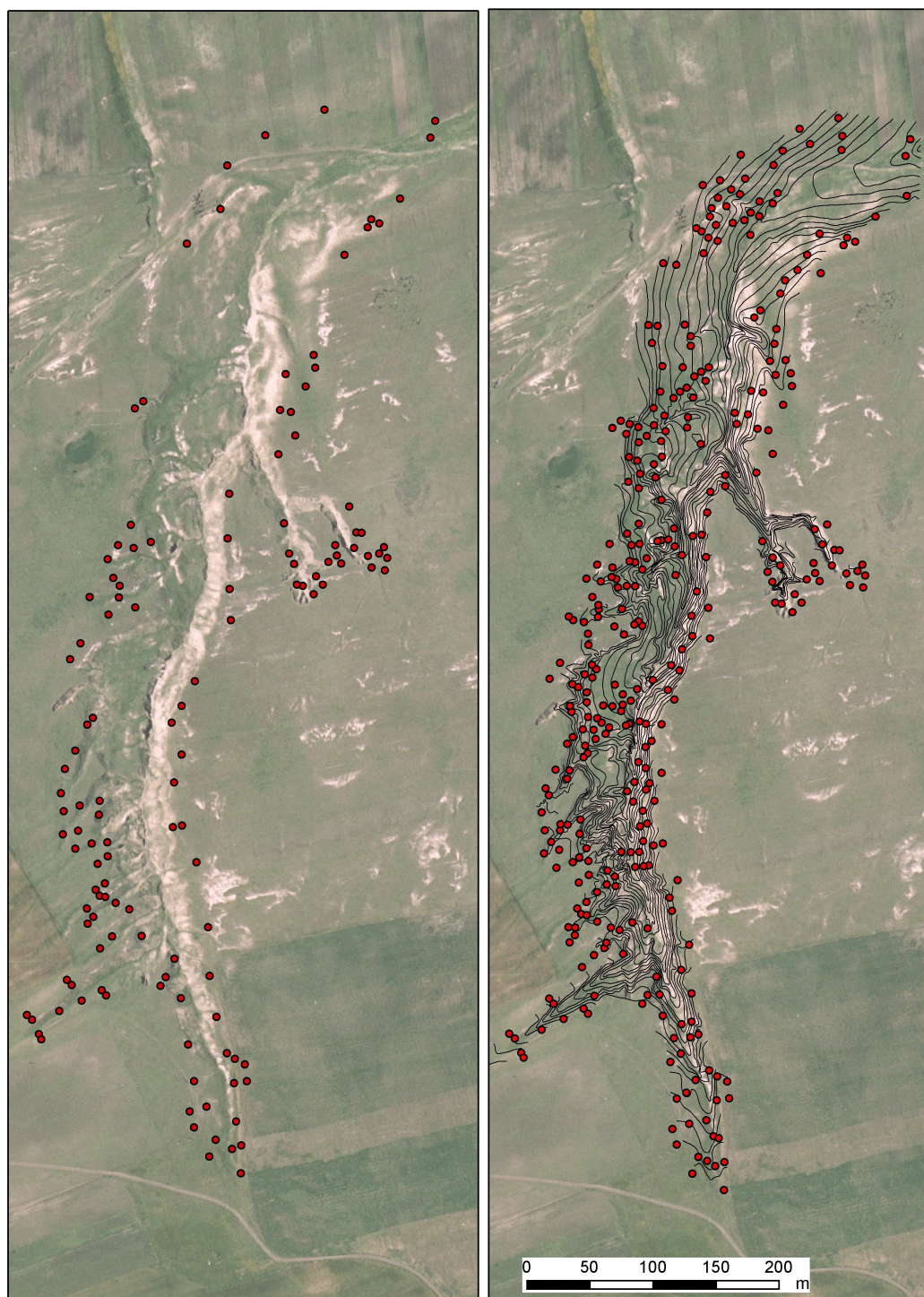


Fig. 8. Ravena Gurguiata Mare. Puncte folosite la interpolarea suprafeței inițiale (stânga); Puncte și curbe de nivel (echid. 1 m) folosite la realizarea modelului digital al ravenei (dreapta).

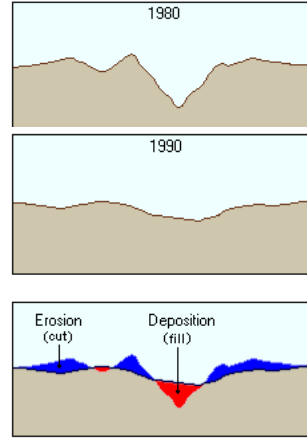
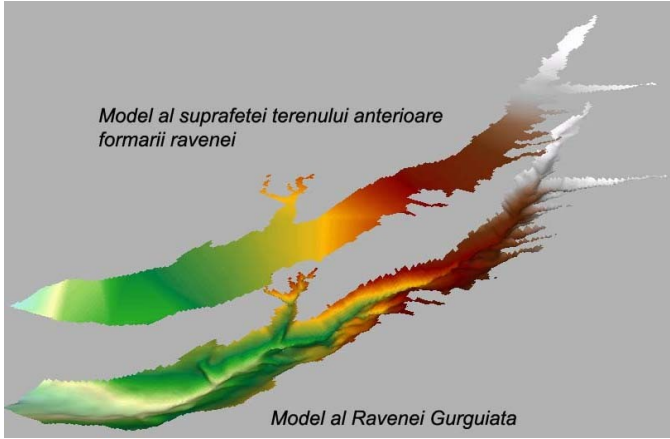


Fig. 9. Cele două MDT generate pentru evaluarea volumului de material erodat (stânga). Modul de analiză Cut/Fill în ArcGis (sursa: ESRI)(dreapta).

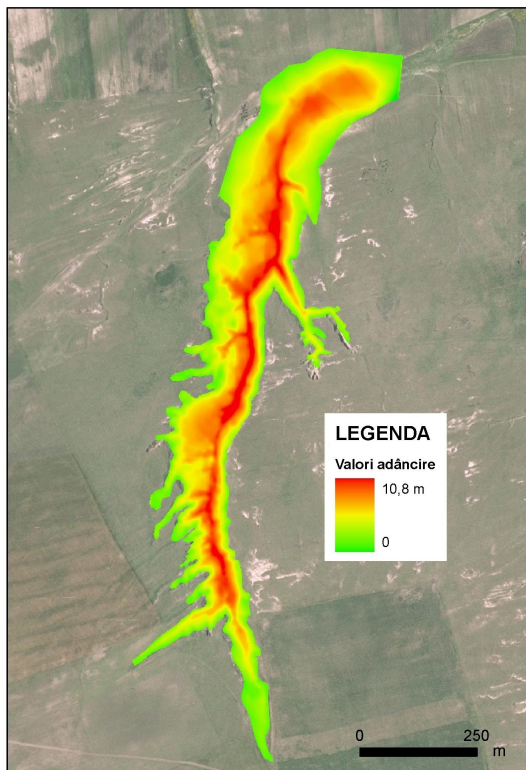
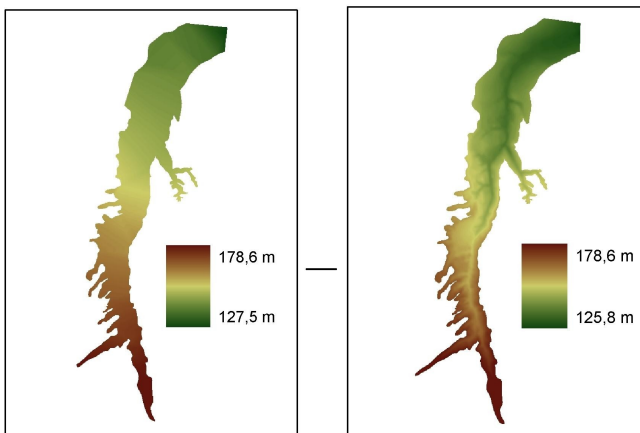
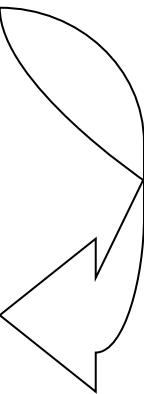


Fig. 10. Cuantificarea în plan orizontal și în plan vertical a modificărilor apărute între cele două suprafețe analizate



Plecând de la această idee și de la faptul că imaginile raster generate în cadrul unui S.I.G. pot fi comparabile ca mod de stocare a informațiilor, cu matricile și deci pot fi utilizate în diverse operații de algebră cartografică, am încercat evaluarea volumului de material erodat din ravena Gurguiata, prin intermediul ArcGIS 9.2. În acest scop au fost generate două modele digitale ale terenului (MDT), unul corespunzător situației anterioare apariției ravenei și unul posterior. Cele două modele au fost realizate pe baza unor măsurători topografice de detaliu, diferența între ele fiind faptul ca pentru primul au fost folosite în cadrul interpolării doar punctele situate pe platoul în care s-a adâncit ravena, iar pentru cel de-al doilea toate punctele măsurate (Fig. 9).

Ca metodă de interpolare pentru suprafața inițială, în urma unor teste cu Geostatistical Analyst, a fost aleasă metoda *Spline with tension*, abaterea medie pătratică (RMS error) fiind 0,8, iar pentru ravenă, metoda *Topo to raster*. Rezoluția ambelor modele a fost stabilită la 1 m (Fig. 9). Volumul materialului îndepărtat prin formarea și adâncirea ravenei a rezultat din operația Cut/Fill, oferită în ArcGis de extensiile 3D Analyst și Spatial Analyst, care calculează automat suprafața și volumul modificărilor apărute între două suprafețe cu aceeași extindere spațială (Fig. 9). Acesta este de 281 485,6 m³.

Întrucât operațiile Cut/Fill nu ne oferă o imagine detaliată asupra modificărilor în plan orizontal sau vertical apărute în urma evoluției geomorfologice, ci doar estimarea volumelor de materiale erodate sau acumulate, au fost cuantificate la nivel de pixel (1 m²) și diferențele de altitudine dintre suprafața inițială a reliefului și cea actuală, cele mai mari valori înregistrându-se, cum este și normal la nivelul talvegului (Fig. 10).

Transformarea ravenelor eșantionate pentru perioada ultimilor 22 de ani a fost diferențiată. Unele dintre acestea sunt în faza de stingere și transformare în vâlcele (de exemplu, Ravena Sulița), iar altele precum Gurguiata Mică, Meria și Băzanu sunt în faze active. Un exemplu ilustrativ este reprezentat de Ravena Gurguiata Mică (fig. 12) și secțiunile transversale care indică o adâncire mare în zona de vârf și o atenuare spre bază.

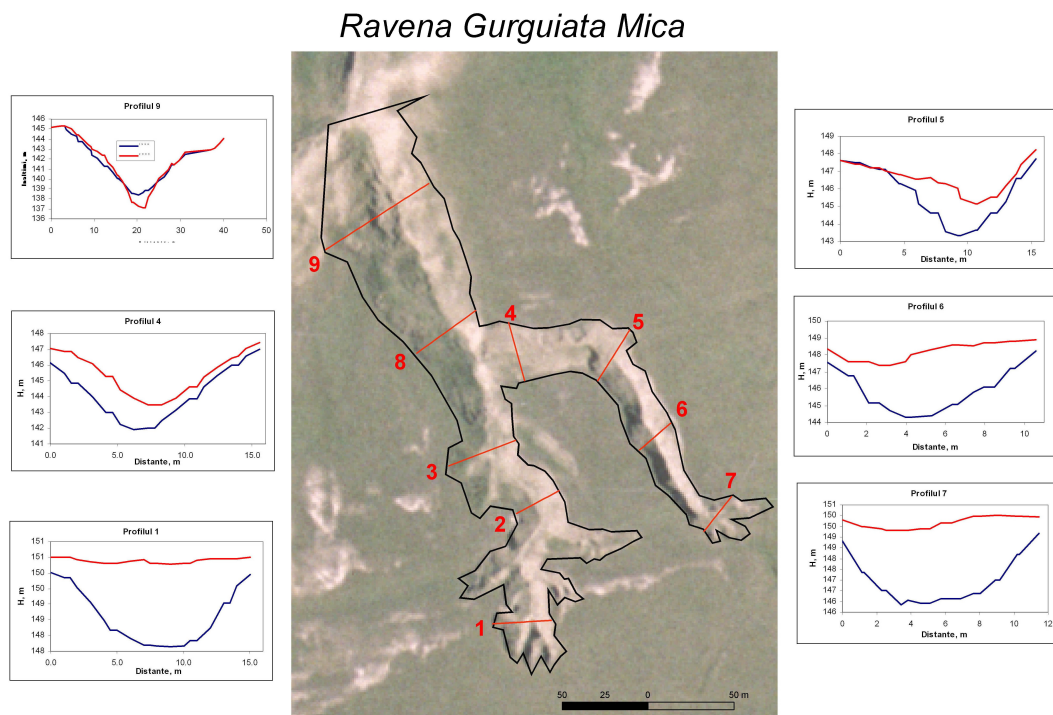


Fig. 11. Modificarea secțiunii transversale a ravenei Gurguiata Mică între 1986 și 2008.



Fig. 12. Imagini asupra sectoarelor de eroziune și de acumulare în Ravena Gurguiata Mică.

3. Recalibrarea modelului privind timpul de avansare a ravenelor

Pentru prognoza ratelor de dezvoltare a ravenelor din Podișul Moldovei am folosit un model statistic multivariat. La baza lui a stat un set de variabile independente, relativ ușor de obținut din teren sau de pe planuri topografice și ortofotoplanuri și care să explice într-un grad superior variabilitatea ratei de avansare a ravenelor. Prezentarea detaliată a obținerii modelului a fost făcută în lucrarea de mai mare anvergură (Rădoane et al., 1999).

Modelul statistic ales pentru evaluarea ratei de avansare a ravenelor în Podișul Moldovenesc este de tipul:

$$\text{Log } Y = a + b \log X_1 + c \log X_2 + \dots + n \log X_n$$

unde: Y = rata de evaluare a ravenelor, R_a (m/an); X_1 = lungimea ravenelor, L (m); X_2 = suprafața bazinului de drenaj amonte de vârful ravenei, A (ha); X_3 = panta bazinului amonte de vârful ravenei, P (%); X_4 = energia de relief amonte de vârful ravenei, E (m).

Modelul de regresie multiplă prezentat a fost utilizat la calculul timpului de avansare al ravenelor din zona Podișului Moldovei. Conform modelului, cu cât suprafața bazinului crește, cu atât timpul de avansare se reduce. Diferențierea timpului este impusă de tipul substratului litologic (în cazul de față marno-argilos sau nisipos).

Aplicarea modelului s-a făcut pentru cele 38 de ravene măsurate și 17 ravene test. Expresia grafică a modelului este cuprins în ilustrațiile din figurile 13 și 14. Este prezentată maniera în care lungimile medii ale ravenelor cresc pe măsura înaintării vârstei acestora pentru 2 zone litologice dominante ale Moldovei între râul Siret și Prut.

Pentru partea de nord a teritoriului, aproximativ, nord de Vaslui, unde litologia este dominant marno-argiloasă s-au inventariat de pe fondul topografic 1: 25000 cca 3,577 ravene cu lungimea medie de 188 m, adâncime medie 2,2 m și lățime medie de 8,9 m. Lungimea ravenei crește într-un ritm accelerat în primii 25-30 ani, după care rata de avansare se reduce, încât atinge o lungime de echilibru la o vârstă de 70-100 ani.

Pe această stare medie a evoluției ravenelor am plasat punctele deduse din măsurătorile asupra ravenelor test din această parte a Podișului Moldovei, respectiv, Gurguiata Mică, Ungureanu, Coada Gâștii, Secărești, Ceplenița și Sulița. Se constată că poziția lor se înscrie apropiat de tendința generală a avansării ravenelor odată cu vârsta, astfel că aceste date au intrat în recalibrarea modelului. Ecuația este de tip exponențial și este înscrisă în graficul de corelație (fig. 13).

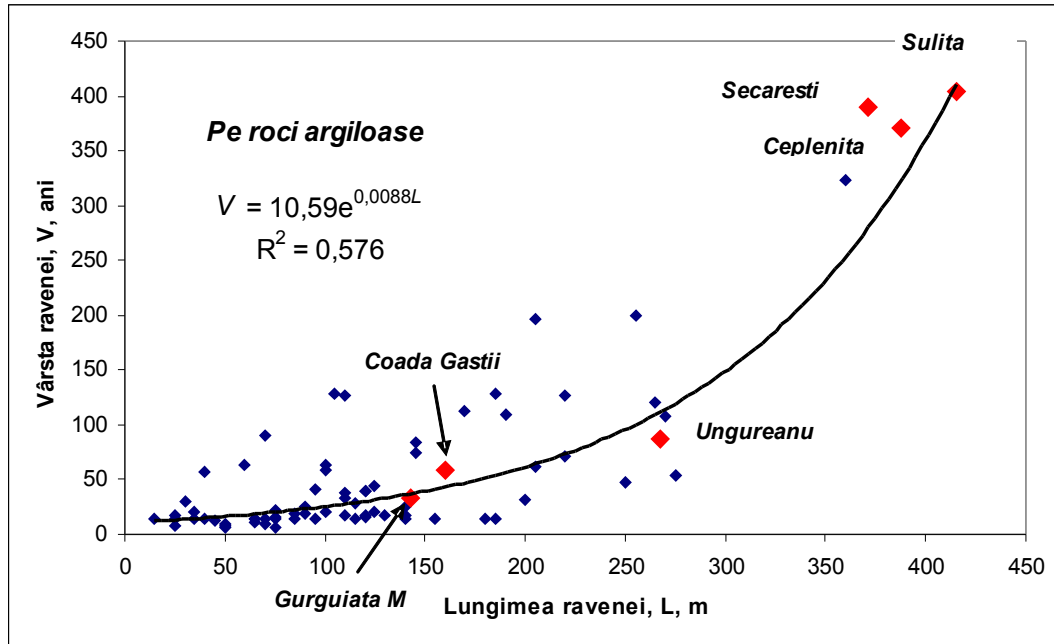


Fig. 13. Vârsta ravenelor determinată pe baza modelului de regresie multiplă recalibrat pentru partea de nord a Podișului Moldovei.

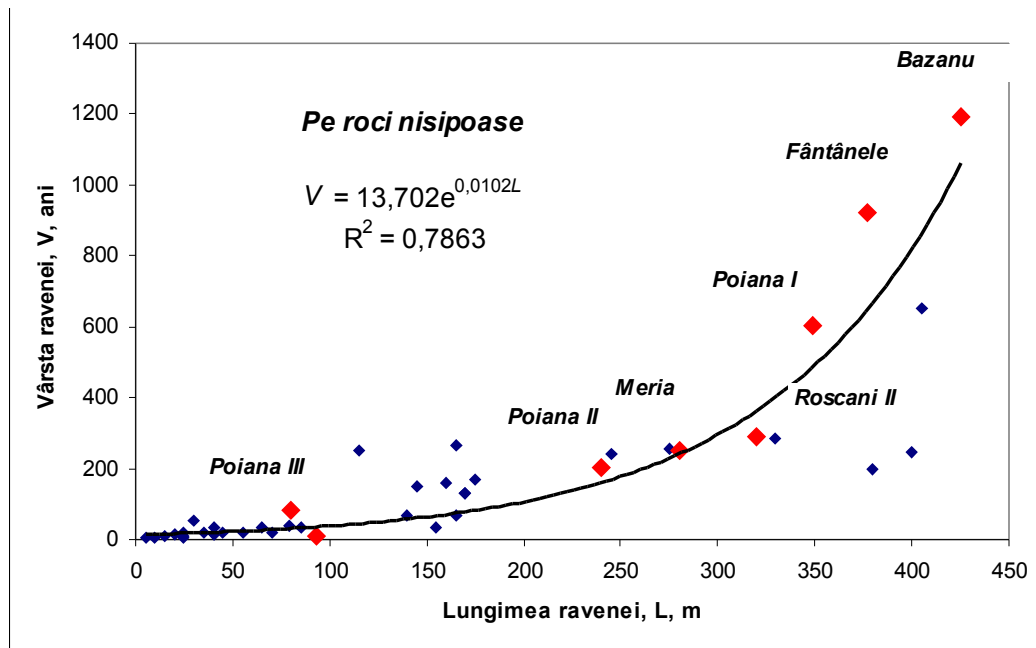


Fig. 14. Vârsta ravenelor determinată pe baza modelului de regresie multiplă recalibrat pentru partea de sud a Podișului Moldovei.

Pentru partea de sud a teritoriului, unde roca devine mai nisipoasă, s-au inventariat 2864 de ravene cu lungimea medie de 141 m, o adâncime medie de 4,6 m și o lățime medie de 17 m. rata de creștere a ravenelor este accelerată într-o perioadă mai lungă de timp, de până la 100 ani, după care atinge o lungime

de echilibru. Și de această dată ultimile măsurători asupra ravenelor test Poiana, Roscani, Meria, Bâzanu s-au în scris în tendința generală de variație astfel că noua ecuație a fost mult îmbunătățită (fig. 14).

Pe roci marno-argiloase, lungimea de echilibru este în jur de 350-400 m, iar pe roci nisipoase este în jur de 200-250 m.

În concluzie, monitorizarea celor 17 ravene test din Podișul Moldovei, distribuite astfel încât să acopere tot spectrul litologic, de la nord la sud, al acestuia a fost făcută pe baza unor metode noi de evaluare a modificării în suprafață și volum a acestor formațiuni de adâncime. Ratele de avansare a ravenelor în lungime au fost folosite pentru a îmbunătăți modelul de prognoză a evoluției acestor fenomene în condițiile date de zona geografică a estului României.

Bibliografie

- Băcăuanu V. (1968) - *Câmpia Moldovei. Studiu geomorfologic*. Ed. Academiei.
- Folea Florina (2001), *Evaluarea eroziunii fluvio-torențiale în Piemontul Șușiței*, Lucrările Seminarului Geografic Dimitrie Cantemir, Nr. 19-20, 1999-2000, Iași;
- Popescu N., Folea Florina (2002), *Metode de evaluare indirectă a eroziunii fluvio-torențiale prin determinarea volumului de material erodat*, Analele Univ. din București, Anul LI, p. 15-31
- Graf W. I. (1979) - *The rate law in fluvial geomorphology*, American Journal of Science, 277, 178 - 191 p.
- Motoc M., Iuliana Taloescu, Negut N. (1979) - *Estimarea ritmului de dezvoltare a ravenelor*. Bul. Inf. ASAS, 8.
- Radoane Maria, Rădoane N., Ichim I. (1994) - *Ecuații de regresie multiplă pentru evaluarea ratei de avansare a ravenelor din Podișul Moldovenesc*, St. și cercet. de geol., geogr. geof., s. geografie, t. XLI.
- Radoane Maria, Ichim I., Rădoane N. (1995) - *Gully distribution and development in Moldavia, Romania*, Catena, 24, Elsevier, 127- 146 p.
- Radoane Maria, Ichim I., Rădoane N., Surdeanu V. (1999) - *Ravenele. Procese, forme și evoluție*, Presa Universitară Cluj Napoca.

Maria Rădoane
Departamentul de Geografie
Univ. „Ștefan cel Mare” Suceava
E-mail: radoane@usv.ro

Nicolae Rădoane
Departamentul de Geografie
Univ. „Ștefan cel Mare” Suceava
E-mail: radoane@usv.ro

Ionuț Cristea
Departamentul de Geografie
Univ. „Ștefan cel Mare” Suceava
E-mail: icristea@atlas.usv.ro

Liviu Popescu
Departamentul de Geografie
Univ. „Ștefan cel Mare” Suceava
E-mail: livius@atlas.usv.ro

Această lucrare este publicată în Analele Universității "Ștefan cel Mare" Suceava, seria Geografie, vol. 17, 2009.