

Evaluarea modificărilor contemporane ale albiei râului Prut pe granița românească

Maria Rădoane, Nicolae Rădoane, Ionuț Cristea, Dinu Gancevici-Oprea

Cuvinte cheie: tipuri de albie, meandrare, variabilitate morfometrică, secțiuni transversale, agardare, degradare

Key words: river channel typology, meandering, morphometrical variability, cross sections, aggradation, degradation.

Abstract: Assessment of contemporary river channel changes of the Prut River on the Romanian boundary. The main idea of our study are: typological setting of the Prut river channel, morphometrical variability of the floodplain and river channels, changes of the river cross sections in the longitudinal profile. Several variables were systematically measured (floodplain width, river bed width, sinuosity index, meander morphometry, bed level changes, together with water and sediment transport) along over 900 km of river. The Stânca-Costești Reservoir is the most important controlling factor of the contemporary channel changes: in planform, the Prut River is sinuous to meandered river upstream of Stânca-Costești Reservoir and meandered and very meandered to downstream; in cross section, bed aggradations are dominant in upstream of the reservoir and a succession of bed degradation – aggradation waves in downstream of the reservoir. On the whole, bed degradations are most important because of flow regulation. These researches were financed by the CEEEX project entitled *Management and ecological security of the natural resources from the Prut drainage basin area*.

1.Introducere

Odată cu derularea proiectului proiectului „*Managementul și securitatea ecologică a resurselor naturale din bazinul hidrografic de graniță al Prutului*” finanțat prin programul național CEEEX și cercetările geomorfologice asupra albiei râului Prut au devenit mai complexe. După analiza materialului de albie în lungul râului Prut, între Oroftiana de Sus și Galați (Rădoane et al., 2007), în această lucrare avem drept preocupare centrală modificările la nivelul configurației în plan și în secțiune transversală a albiei minore între aceleași limite geografice.

Din punct de vedere geomorfologic putem aprecia că de-a lungul timpului albia râului Prut nu a fost luată în studiu în mod sistematic pentru a identifica ratele de eroziune laterală, de eroziune în adâncime, relațiile geometriei hidraulice, morfologia efemeră și perenă a albiei, tendințele de evoluție a traseului albiei așa cum au fost studiate cele mai importante râuri din România (Hâncu, 1976; Panin, 1976; Bondar et al., 1980; Duma, 1988; Ichim et al., 1979; Ichim, Rădoane, 1990; Amăriucăi, 2000; Popa-Burdulea, 2007; Rădoane et al., 2007). Există însă aprecieri calitative și cartări geomorfologice asupra teraselor fluviale și albiei majore în tezele de doctorat cu caracter regional care au ajuns și în valea Prutului (Băcăuanu, 1968; Sficlea, 1972; Condorachi, 2006). În prezent avem acces și la studiile realizate de geografii din Republica Moldova, cele mai recente găzduite de revistele editate de Academia Română (2004 – 2005).

În acest context, a fost o adevărată provocare realizarea bazei de date de geomorfologie fluvială asupra unui râu de dimensiunile Prutului a cărui bazin se desfășoară pe cuprinsul a trei

state. Baza de date este departe de a fi încheiată, dar considerăm că observațiile și concluziile preliminare obținute până în prezent în acest stadiu au consistența necesară pentru elaborarea unei lucrări. Astfel, principalele idei în jurul cărora se constituie analiza noastră sunt:

- încadrarea tipologică a albiei râului Prut,
- variabilitatea morfometrică a albiei minore și majore a râului,
- dinamica secțiunilor transversale în lungul râului.

2. Zona de studiu

Descrierea generală a zonei de studiu a fost realizată în articolul precedent găzduit de Revista de Geomorfologie (Rădoane et al., 2007). Totuși, trebuie reamintite unele date și caracteristici ale bazinului și râului care se vor corela cu parametrii abordați în această lucrare. Astfel, râul Prut își are obârșia în Carpații Păduroși pe teritoriul Ucrainei. Până la localitatea Oroftiana de Sus are o lungime de 235,7 km, o pantă medie de 6,4 m/km și un bazin hidrografic de 8241 km². Între Oroftiana și confluența cu Dunărea, pe o lungime de 946 km, Prutul se constituie râu de frontieră între România, pe de o parte, Ucraina și R. Moldova, pe de altă parte. Suprafața totală a bazinului râului Prut este de 28463 km², iar pe teritoriul României măsoară 10999 km².

Bazinul hidrografic al Prutului se suprapune unei zone cu o îndelungată evoluție geologică. Rocile în care albia este adâncită au caracter dominant friabil, caracteristic Platformei Moldovenești. Constituția petrografică este reprezentată în general prin argile și marne cu alternanțe nisipoase, la care se adaugă și unele orizonturi subțiri de calcare oolite, gresii calcaroase, conglomerate, pietrișuri, cinerite andezitice. Excepție fac depozitele cenomaniene care afloră în malurile râului în sectorul Rădăuți Prut - Mitoc și reprezintă cele mai vechi depozite geologice ce apar la zi în cuprinsul Podișului Moldovei. Ele sunt alcătuite în principal din calcare marnoase și cretoase în care apar concrețiuni de silex, sub care urmează gresii și nisipuri glauconitice. Depozitele acestea apar pe grosimi de câteva zeci de metri, dar duritatea lor a influențat tipologia și dinamica albiei minore, așa cum vom vedea. În restul văii Prutului faciesul sedimentar este unul argilo-marnos, în partea mijlocie și unul nisipos în jumătatea sudică.

Tabel 1. Date asupra morfometriei bazinului hidrografic și a scurgerii lichide ale râului Prut

Secțiunea	Suprafața bazinului, km ²	Distanța de la izvor (km)	Debite lichide medii multianuale Q, m ³ /s	Debite solide în suspensie medii multianuale Qs, kg/s
Cernăuți	6 890	193,30	73,62	
Rădăuți - Prut	9 215	290,43	78,03	55,06
Stânca	13 099	389,06	81,57	2,28
Ungheni	21 515	572,74	86,81	22,74
Drânceni	22 883	665,68	101,76	29,85
Fălciu	25 214	792,14	103,43	
Oancea	28 463	865,43	85,30	20,11

În 1978, în dreptul localităților Stânca-Costești, amonte de confluența Bașeului cu Prutul, a fost dat în exploatare barajul cu același nume, înalt de 43 m și o lungime a coronamentului de 300 m. Barajul de greutate, cu nucleu intern de argilă a permis acumularea unui volum de 1290

milioane m³ apă a cărei suprafață este de 7700 ha. Folosința lacului este multiplă, pentru atenuarea viiturilor, alimentarea cu apă, irigații, producerea de energie electrică, pescuit. Marea majoritate a resurselor de apă ale Prutului se formează în regiunile carpatice și subcarpatice de pe teritoriul Ucrainei. Debitul lichide și solide medii multianuale sunt determinate, pe perioade cuprinse între 1975 și 2006 la 5 posturi hidrometrice pe teritoriul României. În tabelul 1 am redat și informațiile de la postul hidrometric Cemăuți, pe teritoriul Ucrainei.

3. Metodele de lucru

Pentru caracterizarea geomorfologică a albiei râului Prut am avut în vedere constituirea unei *baze de date morfometrice* cu referire la trăsăturile întregului șes aluvial al râului, creație de cea mai recentă vârstă și, în același timp, supusă schimbării proceselor fluviale într-un ritm mai accentuat decât alte zone. Constituirea acestei baze de date a necesitat definirea parametrilor morfometrici și măsurarea efectivă a lor. Astfel, am realizat :

-măsurători morfometrice asupra *albiei majore* (sau șesul aluvial care reprezintă zona cuprinsă de o parte și alta a Prutului, cu altitudini mai mici de 10 m). Șesul aluvial este format din *fâșia activă* a albiei (banda de migrare liberă a râului), din terasele de 2 m, 4 m, 5 m – 7 m. Pe suprafața șesului se păstrează urmele vechilor trasee ale albiei minore sub formă de bucle de meandru abandonate;

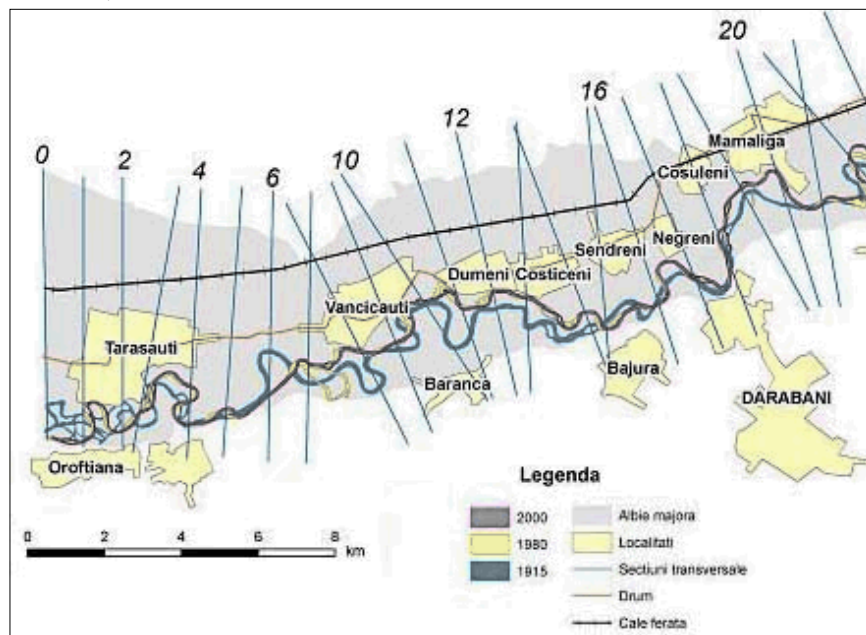


Fig. 1. Model de secționare a văii pentru măsurarea variabilelor morfometrice, pe malul stâng (Ucraina sau Republica Moldova) și pe malul drept (România). Sunt redată mai multe poziții ale albiei minore a Prutului în etape diferite de timp.

- pe suprafața șesului aluvial (care poate fi acoperit de ape la debite excepționale cu perioade de recurență de 500 ani) sunt localizate așezări omenești și căi de comunicație. Umanizarea relativ mare a șesului Prutului a fost posibilă datorită construcției digurilor de apărare pe toată lungimea lui. Din punctul nostru de vedere structurile antropogene sunt expuse riscului de inundație și de eroziune laterală la evenimente excepționale, situație în care digurile

de protecție cedează. Pentru aceasta am măsurat distanțele de la albia minoră a râului până la obiectivul social-economic de pe șesul râului ;

-în unele sectoare, albia Prutului atinge versantul văii sau a teraselor mai înalte, zonă pe care am cartografiat-o funcție de procese geomorfologice active (alunecări, prăbuși, rostogoliri, ravenație etc) ;

-măsurătorile morfometrice au fost realizate pe principiul secționării transversale a văii, fiecare secțiune perpendiculară pe râu a fost separată de următoarea la o distanță de 1 km. Secțiunile au primit un număr de ordine pe care l-am inserat într-un tabel. Măsurătorile nu au fost limitate de frontiera de stat. Materialele cartografice de care am dispus ne-au permis o abordare integrală a văii Prutului, fără să fim împiedicați de considerente geopolitice.

Tabelul 2. Extras din Baza de date privind morfometria șesului aluvial și evaluarea expunerii la risc a acestuia: S (partea stângă a râului)=Ucraina sau Republica Moldova; D (partea dreaptă a râului)=România

Nomenclatura hartii topografice 1:25 000	Nr. secțiune	Latimea albiei minore Lam(m)	Latimea albiei majore fata de Prut Lmaj(m)		Lungimea pe rau Lr (m)	Lungimea linie dreapta rau, Ld (m)	Indice sinuozitate IS=Lr/Ld	Distanța până la localitate (m)		Distanța până la șoseaua națională (m)		Distanța până la calea ferată (m)		Observații
			D	S				D	S	D	S			
													D	
L-35-137-B-c	0	60	0	-6250	0	0	0.000	0	0	0	-1900	0	-3700	
	1	60	750	-6500	1000	1000	1.000	0	-1	0	-1900	0	-4000	
	2	53	1000	-5500	1000	850	1.176	0	-100	0	-1125	0	-3125	
	3	70	450	-6400	1000	750	1.333	0	-250	0	-1750	0	-3500	
	4	80	650	-5350	1000	825	1.212	0	-500	0	-2075	0	-3750	
	5	50	1600	-4300	1000	975	1.026	0	-450	0	-850	0	-2550	
L-35-137-B-d	6	70	1550	-4000	1000	750	1.333	0	-450	0	-1000	0	-2700	
	7	90	500	-4575	1000	525	1.905	0	-1000	0	-1500	0	-3125	
	8	70	150	-5050	1000	580	1.724	0	-1500	0	-2050	0	-3700	
	9	60	100	-4670	1000	900	1.111	0	-2000	0	-2000	0	-3650	L=800 m, contact dir. cu versantul
	10	78	80	-4500	1000	850	1.176	0	-1650	0	-1650	0	-3350	id
	11	90	450	-3400	1000	1000	1.000	0	-1050	0	-1100	0	-2750	
	12	90	750	-2750	1000	850	1.176	0	-900	0	-950	0	-2700	
	13	70	1200	-3000	1000	870	1.149	0	-40	0	-750	0	-2500	
	14	85	1025	-3375	1000	975	1.026	0	-570	0	-800	0	-2700	
	15	95	1550	-3100	1000	800	1.250	1475	-60	1475	-700	0	-2250	L=200 la 40 m de localitate
	16	95	2050	-2600	1000	600	1.667	2000	-375	2000	-350	0	-1400	id
	17	110	2325	-2650	1000	900	1.111	2200	-70	2200	-70	0	-1300	
	18	70	1700	-3350	1000	850	1.176	1675	-350	1675	-825	0	-2000	
	19	70	1575	-3100	1000	900	1.111	0	-30	0	-500	0	-1750	

-baza de date morfometrice obținute s-a constituit într-un tabel (tabel 2) în care pe orizontală sunt redate variabilele morfometrice, iar pe verticală valorile luate pentru fiecare secțiune transversală. Astfel de măsurători s-au realizat între Oroftiana de Sus și Fălcu.

- un alt set de măsurători se referă la tipul de meandre ale râului Prut, dimensiunea lor, forma buclelor pentru a obține indicii privind rata lor de migrare. Parametrii măsurati sunt cei consacrați în geomorfologia fluvială și se referă la lungimea de undă, amplitudinea meandruului, raza curbării. Buclele de meandru au fost numerotate în lungul râului așa cum se indică pe schița din fig. 2 iar datele rezultate au fost incluse într-un tabel asemănător celui din medalion.

O altă categorie de investigații a fost în legătură cu identificarea poziției meandrelor râului Prut în momente de timp din trecut folosind materiale cartografice din 1915, 1980 și 2000. Hărțile topografice au fost prelucrate cu ajutorul softului GIS – ArcView 3.2 în vederea aducerii lor în proiecție Stereo 70. Pentru hărțile în proiecție Gauss Kruger, procedeul a constat în transformarea coordonatelor geografice a colțurilor foilor de hartă în coordonate Stereo 70 și reprojectarea acestora în noua proiecție. În schimb, pentru hărțile austriece din 1915, procedeul de aducere în același plan a constat în suprapunerea unor puncte comune între acestea și hărțile aflate în coordonate, cum ar fi poduri, biserici, intersecții de drumuri, cote. Astfel, s-au stabilit 460 secțiuni transversale, de la 1 până la 318 amplasate la intervale de 1 km în lungul axului văii, iar de la 318 la 460, amplasate la intervale de 2 km.

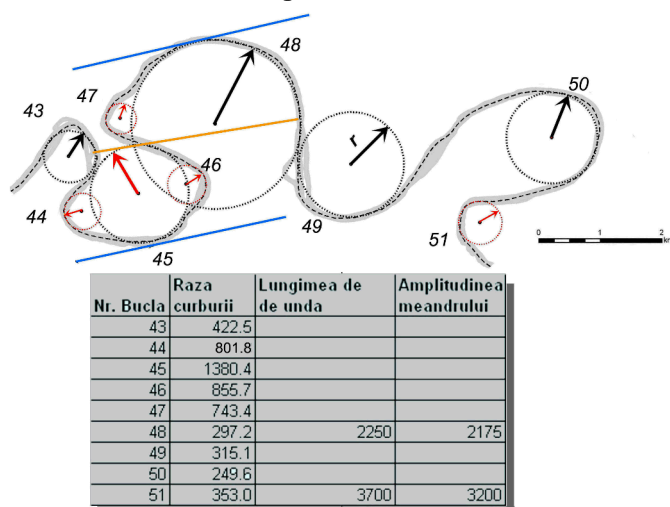


Fig. 2. Schiță pentru ilustrarea modului de măsurare a meandrelor.

Datele au fost prelucrate sub forma frecvenței de distribuție a claselor de valori și vizualizate în funcție de poziția lor în lungul râului, în timp ce pentru studiul comportamentului râului ca întreg sau la nivel de sector reprezentativ de

albie, s-a operat cu valori medii ale aceluiași parametri. Pentru caracterizarea cursului de apă s-au utilizat ca indicatori indicele de sinuozitate (utilizat în determinarea tipurilor de albie întâlnite în lungul râului, dar și pentru surprinderea unor tendințe de evoluție la scară mai mare) și indicele de împletire. Indicele de sinuozitate s-a determinat pentru canalul principal de scurgere prin raportarea lungimii albiei minore la coardă în cazul buclei de meandru, respectiv, a lungimii albiei minore la lungimea de undă, pentru meandru. Valorile mai mici de 1,5 (Leopold, Wolman, 1957) încadrează sectorul de râu în categoria tipului de albie sinuoasă, iar valorile mai mari sau egale de 1,5 sunt asociate sectoarelor de albie meandrată.

Pe lângă datele de morfometrie a albiei minore și majore, ne-am preocupat și de identificarea dinamicii secțiunii transversale a albiei râului Prut. Pentru aceasta am folosit datele de măsurători din secțiunile posturilor hidrometrice Rădăuți Prut, Stânca, Ungheni, Prisecani, Drânceni, Fălcu și Oancea. Modificarea albiei de râu a fost corelată cu transportul de apă și sediment în lungul râului așa cum au fost măsurate la posturile hidrometrice menționate, în perioada 1975 - 2006.

4. Rezultate și discuții

4.1. Variabilitatea morfometrică a șesului aluvial și evaluarea expunerii la risc

O primă observație este în legătură cu variabilitatea morfometrică a șesului aluvial al Prutului în profil longitudinal. Aceasta ne oferă o constatare preliminară asupra desfășurării culoarului văii Prutului de o parte și alta a râului, de unde și unele implicații geopolitice legate de

probabilitatea de migrare a albiei. Reprezentarea grafică a datelor pentru 650 km măsurați în linie dreaptă pe râu după intrarea în țară (fig. 3) arată că distribuția lățimii albiei majore este alternativă în lungul direcției de curgere, fenomen legat de caracterul oscilatoriu al curgerii apelor de râu. Albia majoră este o creație a râului ce o traversează și i se imprimă aceleași caracteristici ca și cele ale albiei minore. Dacă albia minoră este meandrată, sunt toate șansele ca și albia majoră să fie la fel. Ceea ce se confirmă în tot lungul râului Prut.

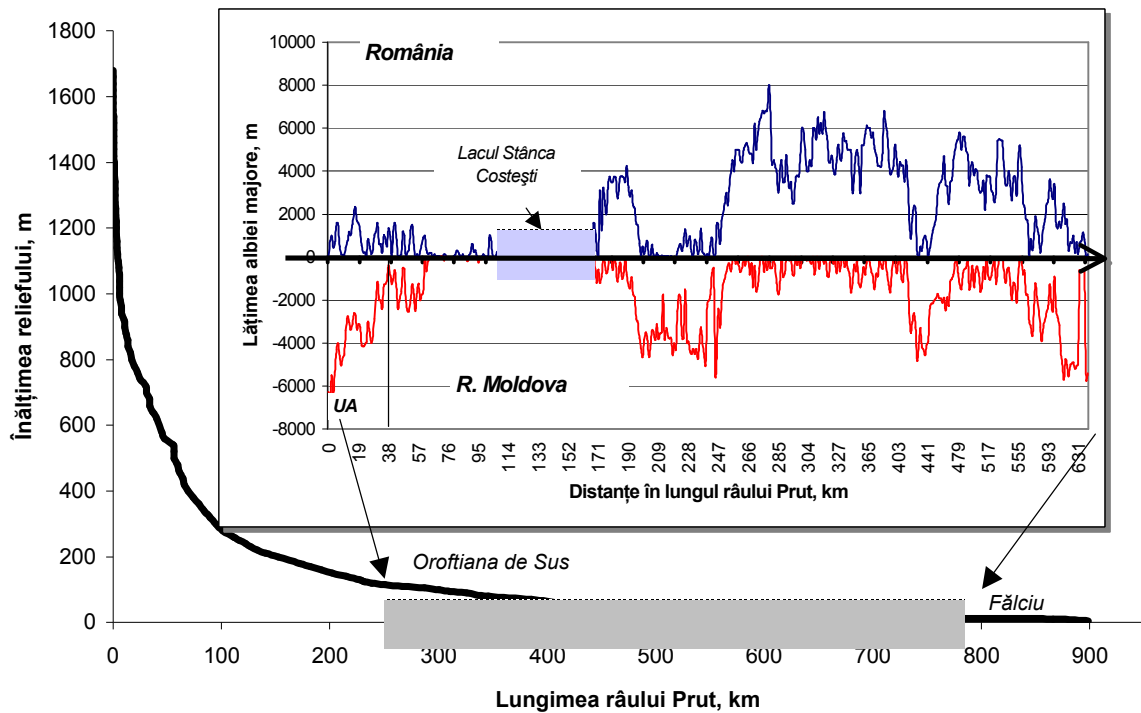


Fig. 3. Variația albiei majore a râului Prut în direcția de curgere a râului (sectorul între Oroftiana de Sus și Oancea). Poziția sectorului studiat în cadrul profilului longitudinal al râului Prut este redată prin banda gri.

Între localitățile Darabani și Stânca, albia Prutului este de tip încătușat, cu maluri abrupte în care apar la zi rocile mai dure ale cenomanianului Platformei Moldovenești. Așa se explică dispariția aproape totală a șesului aluvial și apariția aici a barajului și lacului Stânca-Costești. În avale, se instituie unde largi, alternative pe o parte sau alta a râului. Lățimea albiei majore variază între 6 km la intrarea în țară, se îngustează la câțiva metri în zona de traversare a stratelor de roci dure, după care lățimea crește din nou până la maximum 9 km avale de Iași. Spre avale, lățimea se menține în jurul a 4 – 5 km.

În cuprinsul șesului aluvial se află numeroase așezări omenești și infrastructura legată de acestea (în principal, șosele și căi ferate). În cazul unor evenimente hidrologice deosebite cu asigurare de 0,5% și 1 %, digurile de protecție pot ceda și respectivele obiective pot fi afectate direct. Cu cât distanța de la albia minoră la respectivul obiectiv este mai mică, cu atât și riscul natural este mai mare. Distribuția localităților și a infrastructurii urmărește îndeaproape extinderea șesului aluvial: amonte de lacul Stânca-Costești cea mai mare densitate și extindere a arealelor locuite se află pe teritoriul Ucrainei, iar avale de barajul Stânca – Costești, umanizarea

șesului este cea mai mare pe partea românească a Prutului. Mai ales între km 250 și km 500, în relație directă cu extinderea șesului, există numeroase localități cu o populație importantă de oameni. În consecință, și riscul de a fi afectate de un eveniment natural excepțional este mai mare.

4.2. Variabilitatea albiei minore a râului Prut în profil longitudinal

O atenție deosebită am acordat morfologiei albiei minore și încadrarea tipologică a acesteia întrucât, se știe, tipul de albie este în strânsă relație cu stabilitatea albiilor. Astfel, ne-am propus să identificăm acei parametri care descriu categoria de albie la care aparține sectorul sau râul analizat: *rectiliniară, sinuoasă, meandrată și împletită*. În funcție de acestea se determină o serie de parametri morfometrici, ca de exemplu: lățimea albiei, lungimea de undă a meandrelor sau lungimea dintre două noduri de împletire, amplitudinea meandrării sau a împletirii; baza de curbură a buclelor de meandru; înălțimea malurilor; coeficientul de sinuozitate sau împletire, dinamica albiei funcție de forma lor, să se identifice corect lungimea de undă sau spațierea vad - vad și vad - adânc.

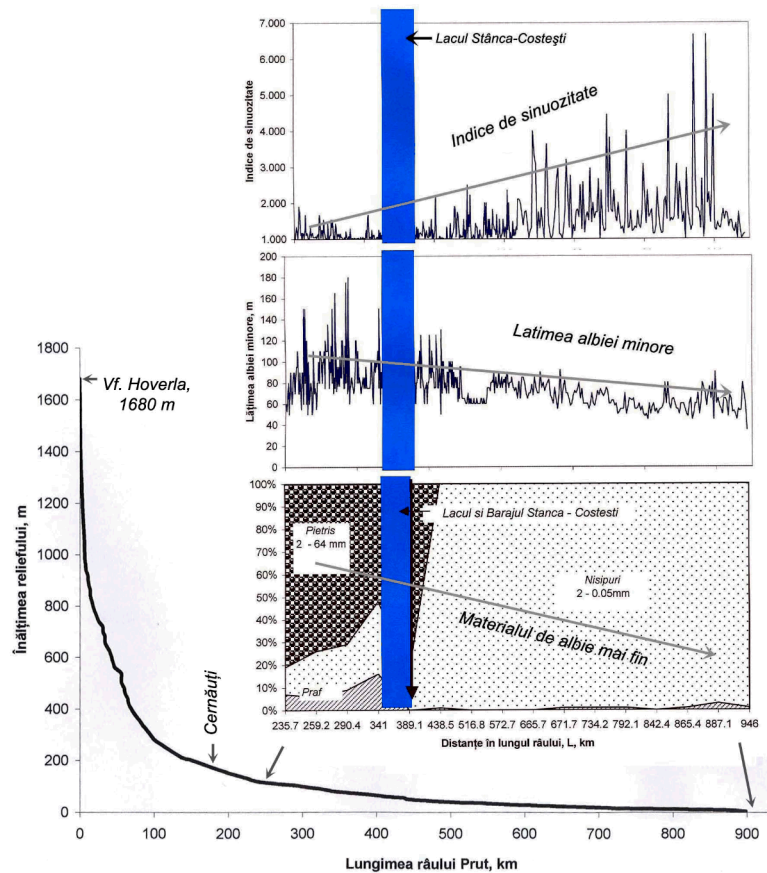


Fig. 4. Tipologia albiei minore a râului Prut în relație cu materialul de albie din perimetrul secțiunii transversale

Râurile în mediul climatic temperat formează un continuum de tipuri de albi, cele mai multe sunt albi unitare, drepte, sinuoase și meandrate și mai puțin morfologii tranziționale între

albiei sinuoase și albiei împletite. Principalele tipuri de albie sunt derivate din clasificările propuse de Schumm (1985) și Church et al. (1992) și pe acestea le-am urmărit în studiul nostru.

În relație directă cu aceste clasificări ne-am preocupat să identificăm care este variabilitatea principalilor parametri ce descriu forma albiei, respectiv, lățimea albiei minore și indicele de sinuozitate. În fig. 4 variația acestor parametri este prezentată în lungul râului Prut, la care am adăugat și variația materialului de albie. Astfel, putem observa că amonte de lacul Stâncă – Costești, albia râului Prut se încadrează în tipul *sinuos, cu ostroave laterale*, în condițiile unui pat aluvial format în principal din pietriș, cu o lățime a albie între 60 m și 180 m. Avale de lac, albia minoră tinde spre o creștere a sinuozității până la valori de aproape 7 (în situația meandrelor tip „gât de gâscă”) și o scădere a lățimii albiei minore la sub 70 m. În aceste condiții tipul de albie este puternic *meandrat*, în condițiile unui transport solid format din aluviuni fine și un perimetru alcătuit din materiale nisipoase și argilo-prăfoase. În consecință, rezistența malurilor este mai mare și albia tinde să se adâncească.

În rezumat, stabilitatea relativă a albiei este mai mare pentru sectorul puternic meandrat și mai mică pentru sectorul sinuos din amonte de lacul Stâncă. Observația este dovedită și din suita de hărți privind sectorul din amonte de lac care arată poziția albiei minore în 1915, 1960, 1980 și 2000 (fig. 5). Astfel, se pot constata *modificări în timp în ce privește tipologia albiilor*, de la împletit la sinuos la Oroftiana, de la meandrat la sinuos amonte de Darabani, cu menținerea aceluiași tip de albie, dar cu evidențiere clară a migrării meandrelor spre avale (mai jos de Darabani) sau cu autocaptări (amonte de Miorcani). Instabilitatea în plan orizontal evidentă în ultimii 85 de ani în acest sector este explicată prin tipul de transport aluvial (cantitatea de aluviuni transportate la începutul perioadei era mai mare decât în prezent) și de erodabilitatea mai mare a malurilor. În prezent, cantitatea de aluviuni transportată de Prut s-a redus chiar și în acest sector, așa cum vom constata din analiza în continuare a fenomenului.

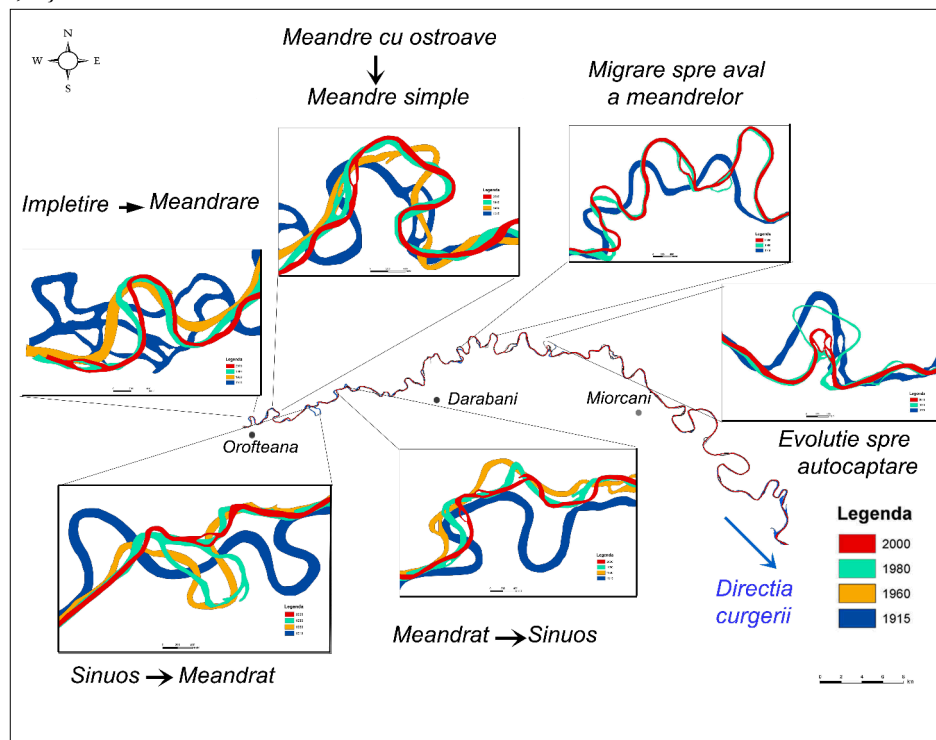


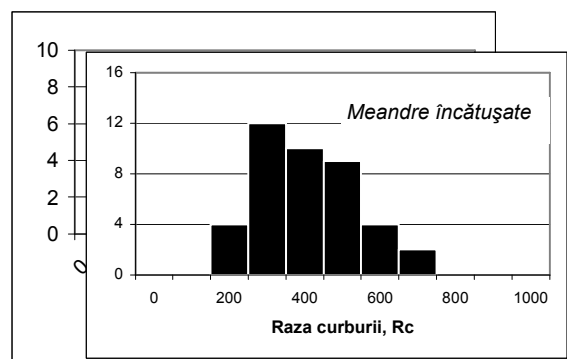
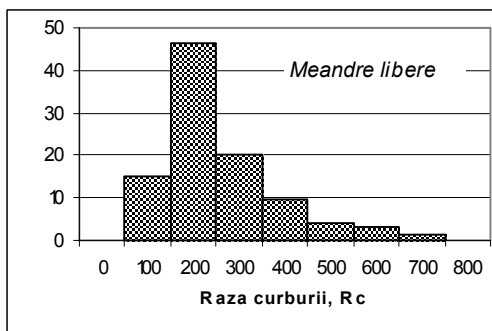
Fig. 5. Evoluția tipului de albie a râului Prut amonte de lacul Stâncă-Costești.

În ce privește tipologia meandrelor, albia râului Prut prin constituția litologică a terenului în care este adâncită, se caracterizează prin două tipuri de meandre: *meandre libere* sau *aluviale* care se dezvoltă pe aproape 90% din lungimea râului și *meandre încătușate* care se formează pe cei aproximativ 100 km între Darabani și Stânca.

Primele tipuri de meandre au fost cel mai intens studiate, astfel încât aproape toate referințele privind fenomenul de meandrare au în vedere acest tip. Cel de al doilea tip, fiind mai rar în natură, și atenția cercetărilor a fost diminuată. Exceptând unele influențe impuse de structura geologică (poziția stratelor, alternanțe litologice), geometria celor două tipuri de meandre menționate anterior este similară și subordonată aceluiași legități. Ne-am preocupat să vedem care sunt parametrii dimensionali și distribuția frecvenței lor privind cele două tipuri de meandre, având la dispoziție 160 de meandre libere și 29 meandre încătușate măsurate de noi pe hărțile topografice ridicate în 1986. Astfel a fost posibil să obținem unele observații pe care să le comparăm cu alte rezultate din literatură. Datele asupra parametrilor morfometrici identificați conform cu fig. 2 au fost prelucrate sub forma distribuțiilor de frecvențe, distinct, pentru meandrele libere și pentru meandrele încătușate (fig. 6). La meandrele încătușate, lungimea de undă și amplitudinea meandrelor sunt mult mai mari ($L_m = 1848$ m; $A_m = 1392$ m) decât la meandrele libere ($L_m = 985.8$ m; $A_m = 712.2$ m), raportul fiind de 1,8 sau 1,9. Tot la fel și raza curbării meandrelor care este în medie de 374,4 m la meandrele încătușate, față de 198,4 m la meandrele libere. Explicația rezultă în faptul că meandrele încătușate moștenesc forma albiilor modelate de alte debite lichide decât cele care controlează în prezent albia minoră. Raporturile între meandrele Prutului și cele date în literatură (tabel 3) arată faptul că primele prezintă dimensiuni chiar mai mari decât cele raportate în studii de specialitate, probabil situându-se în banda de variabilitate statistică. Expresia grafică a diferențierilor între meandrele încătușate și cele libere ale Prutului este sugestivă pentru înțelegerea fenomenului de prag între cele două tipuri de meandre (fig. 7).

Tabel 3. Situații comparative între parametrii morfometrici ai meandrelor Prutului și ale meandrelor similare raportate în literatura de specialitate

Raporturi și relații bivariate	Meandre încătușate		Meandre libere	
	Prut	Din literatură	Prut	Din literatură
L_m/B	18,48	10,84	14,07	11
	$L_m = 108,5 R_c(\exp 0,472)$	$L_m = 4,27 R_c(\exp 0,99)$	$L_m = 38,94 R_c(\exp 0,609)$	$L_m = 4,7 R_c(\exp 0,98)$
	$L_m = 0,0019 A_m(\exp 1,778)$		$L_m = 10,67 A_m(\exp 0,604)$	



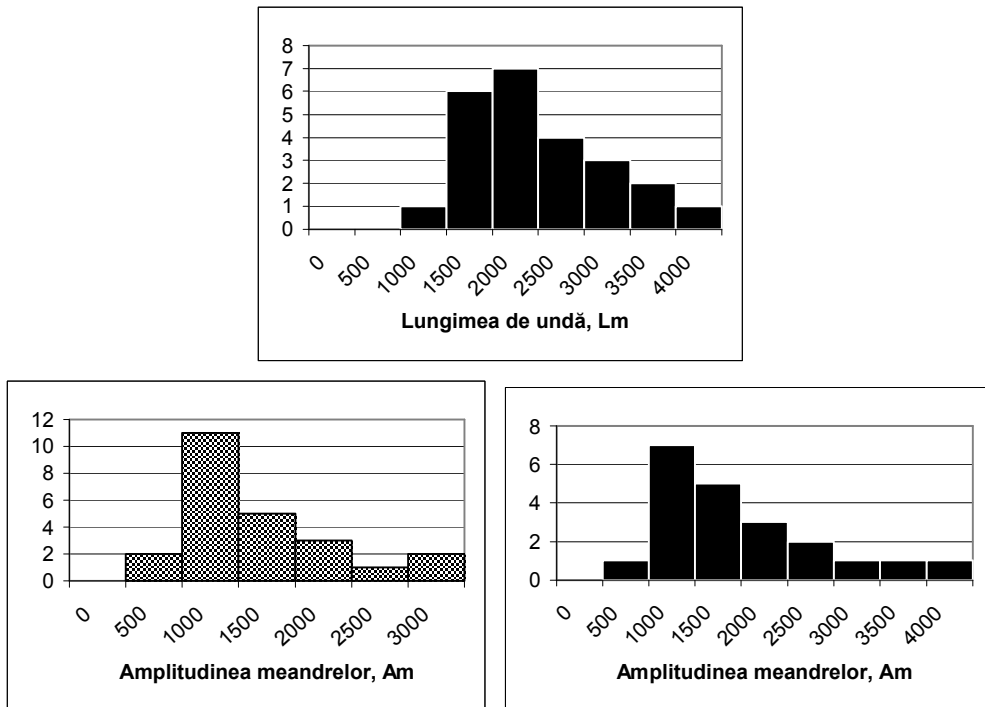


Fig.6. Frecvența variabilelor morfometrice ale meandrelor libere (dreapta) și ale meandrelor încătușate (stânga) ale râului Prut.

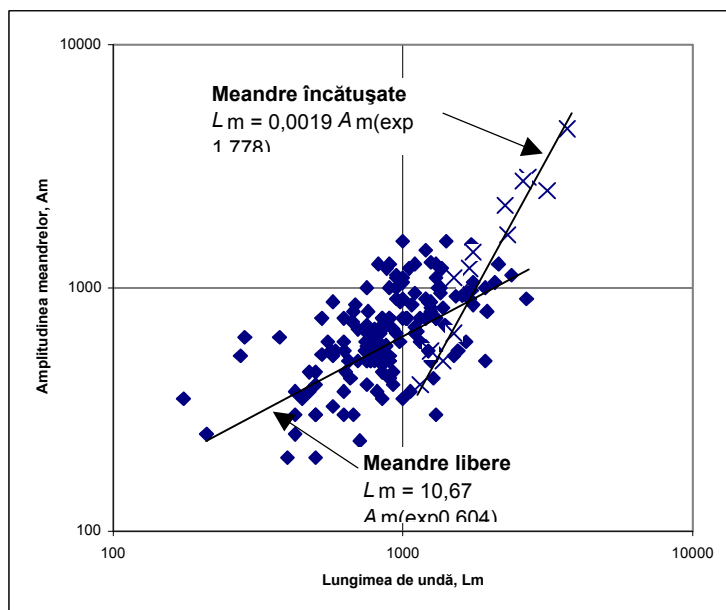


Fig. 7. Diferențierea între meandrele încătușate și cele libere ale râului Prut exprimată în relația dintre lungimea de undă și amplitudinea meandrelor.

Fenomenul iese în evidență și din prezentarea variabilității meandrelor în profilul longitudinal al râului Prut (fig. 8), unde banda de variabilitate a lungimii de undă și amplitudinii meandrelor este mult mai mare pentru meandrele încătușate decât pentru cele libere.

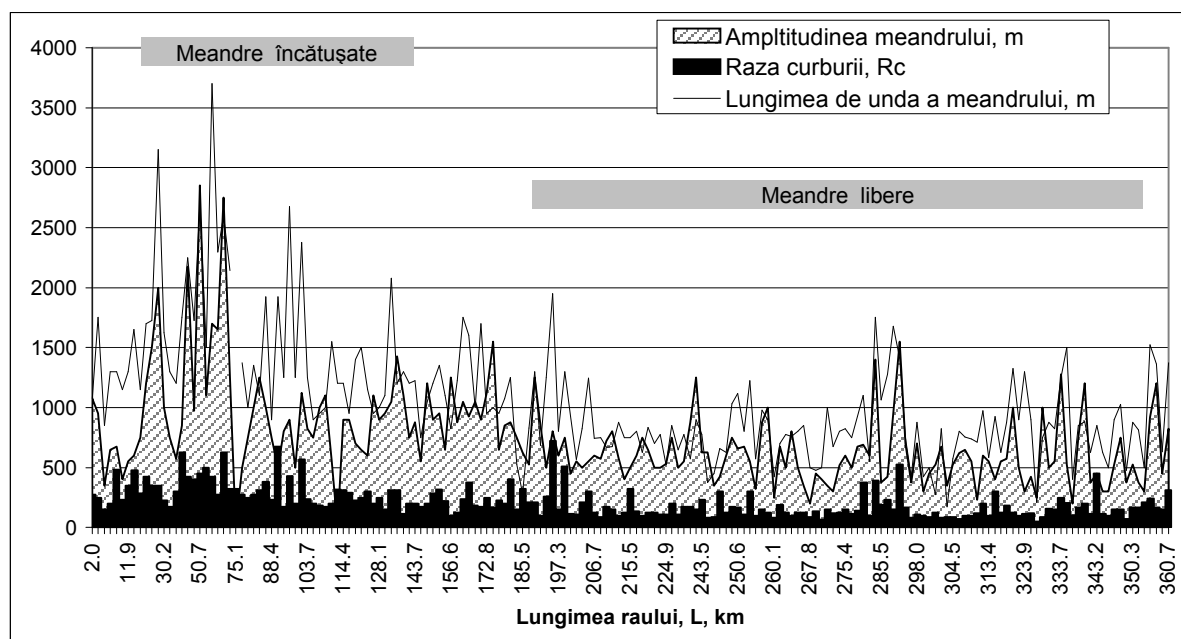


Fig. 8. Variația în profil longitudinal a morfometriei meandrelor râului Prut.

O altă problemă pe care ne-am pus-o în această etapă de cercetare, dar nu am reușit să o finalizăm, este în legătură cu evoluția morfometriei meandrelor în diferite momente de timp, respectiv, 1894, 1915, 1960, 2000. Baza de date este încă în lucru și de aceea și problematica rămâne deschisă. Din ce se prefigurează, ne așteptăm ca și fenomenul de meandrare să fie supus modificărilor, odată ce regimul scurgerii lichide și solide în suspensie s-a schimbat drastic în ultimii 50 ani, așa cum vom arăta în secțiunea următoare a lucrării.

4.3. Variația debitelor de apă și sediment în lungul râului Prut între 1975 și 2005

În tabelul 1 am prezentat datele medii multianuale ale debitelor de apă și sediment în suspensie transportate de Prut. Din observarea doar a acestor valori se pot constata modificări importante privind parametrii hidrologici, cauza principală fiind lucrările de barare a râului, atât pe teritoriul Ucrainei, cât și pe cel al României și R. Moldova. Ne-a preocupat să observăm care este tendința multianuală pentru întreaga perioadă de observație (1975 – 2005) a debitelor lichide medii anuale (Q , mc/s) și a debitelor solide în suspensie medii lunare (Q_s , kg/s). De asemenea, regimul multianual a fost completat și de corelațiile între cei doi parametri pentru a avea un tablou mai complet asupra modificărilor în lungul râului Prut. Construcțiile grafice din fig. 9 sunt edificatoare în acest sens.

Barajul și lacul Stâncă – Costești crează un prag în repartiția în timp și spațiu a celor doi parametri hidrologici. Amonte de lac, așa cum se constată din variația multianuală a Q și Q_s între 1975 și 2005 (fig. 9B), înregistrează o ușoară tendință de reducere, fenomen care în avale de lac este foarte mult atenuat din cauza regularizării scurgerii de către baraj. În schimb, modificările asupra transportului de aluviuni în suspensie este cu adevărat dramatic, amonte și aval de lac, de la 55 kg/s la 2,28 kg/s. Schimbările de regim ale celor doi parametri sunt evidente și din tipul corelațiilor bivariante (fig. 9A).

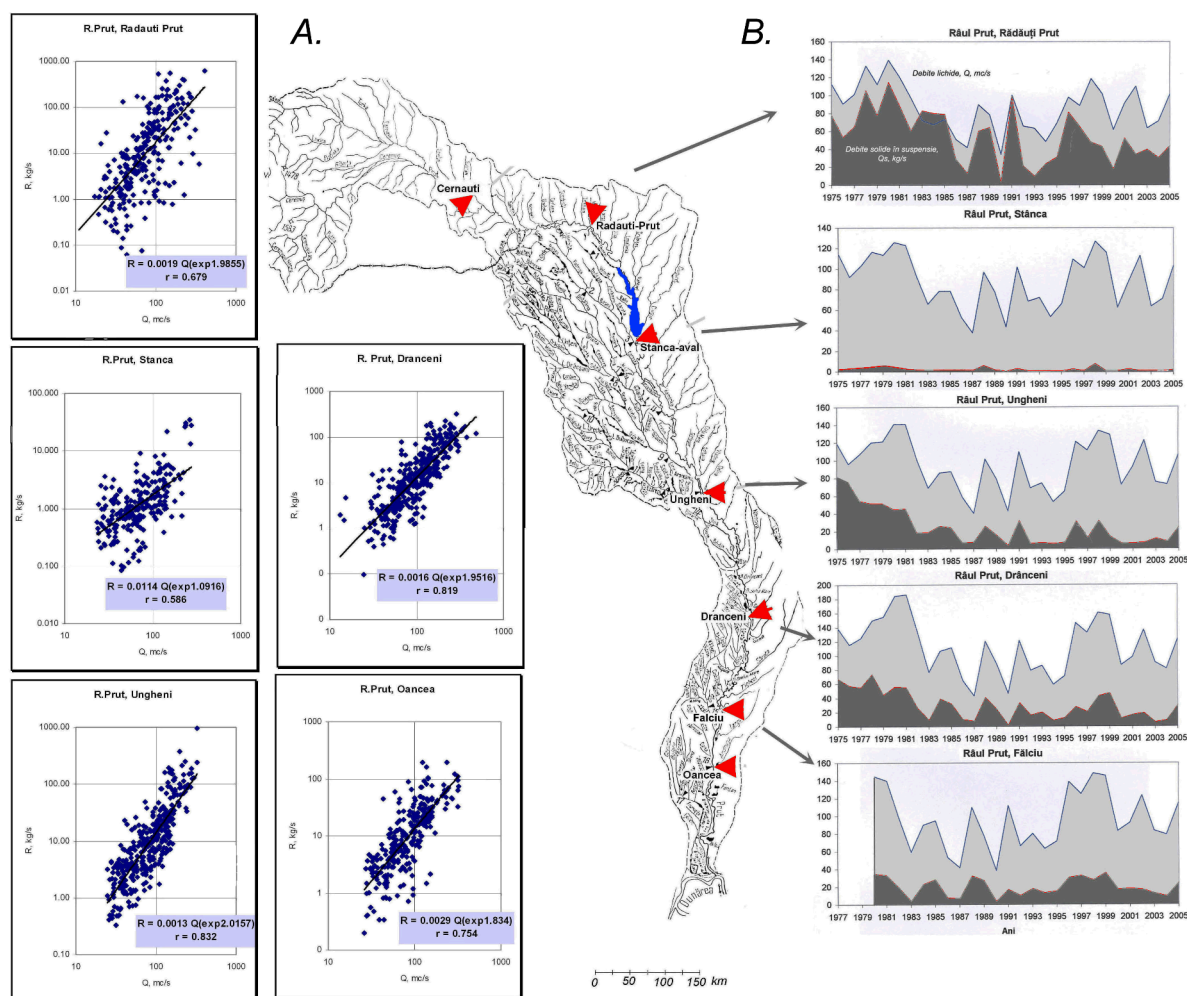


Fig. 9. A. Corelații între debitele lichide și solide în suspensie pentru albia râului Prut în secțiunile de măsurare hidrometrică. B. Regimul multianual al debitelor lichide și solide în suspensie ale râului Prut în aceleași secțiuni hidrometrice.

Amonte de lac, gradul de împrăștiere a punctelor în jurul dreptei de regresie a valorilor medii anuale este relativ mare, pe seama variabilității mai mari ai factorilor de control din bazinul superior al Prutului. Barajul Stânca-Costești impune o a doua mare împrăștiere ale datelor de corelație, după care spre avale, corelațiile cresc simțitor ca senzitivitate. Acest fenomen se explică prin faptul că intrarea de aluviuni în secțiunea de albie se face mai puțin pe seama bazinului hidrografic (mult diminuat) și mai mult pe seama proceselor de albie. Consecințele asupra dinamicii albiei de râu sunt mari în sensul că râul este nevoit să-și refacă încărcătura solidă pe seama eroziunii în secțiunea transversală. Dar despre acest fenomen vom discuta în următoarea secțiune a lucrării.

4.4. Dinamica secțiunilor transversale

Următorul aspect asupra căruia ne-am propus să insistăm este în legătură cu modificarea secțiunii transversale în timp. Pentru aceasta am avut nevoie de măsurătorile pe profile transversale în zona posturilor hidrometrice Rădăuți Prut, Stâncă, Ungheni, Prisecani, Drânceni, Fălciu și Oancea în perioada 1975 – 2005. Măsurătorile nu au fost făcute cu mare regularitate, dar totuși au acoperit în mare măsură perioada de 30 de ani pe care am urmărit-o (tabel 4). Fiecare secțiune a fost vizitată în teren și cartografiată cu atenția starea instalațiilor de măsurarea, a proceselor de albie în sectorul respectiv.

Tabel 4. Perioadele în care s-au realizat măsurători complete asupra secțiunii transversale ale râului Prut pe același profil.

Secțiunea transversală	Perioada măsurării profilului transversal
Rădăuți Prut	1981 – 1990; 1994 – 2006
Stâncă	1979-1985; 1992- 2006
Ungheni	1988, 1991, 1998-2002
Prisecani	1981-1982; 1984-1985; 1988; 1991; 1998-2002
Drânceni	1975-1994; 1999-2003
Fălciu	1975-1994; 2000-2003
Oancea	1969; 2005-2006

Datele privind forma secțiunii au fost reprezentate grafic într-un sistem de coordonate rectangulare, linia profilului fiind rezultanta intersecției valorilor de lățime a albiei, B , m și adâncimea albiei, H , m. Prin suprapunerea profilelor în perioade succesive de măsurare, au putut fi vizualizate eroziunile, acumulările sau stabilitatea secțiunii respective. Cuantificarea schimbărilor s-a realizat prin planimetrarea suprafețelor între două profile în succesiune și transformarea în mc/m. Rezultatele sunt prezentate în câteva imagini sintetice (fig. 10) și sub formă tabelară (tabel 5), iar analiza rezultatelor este următoarea:

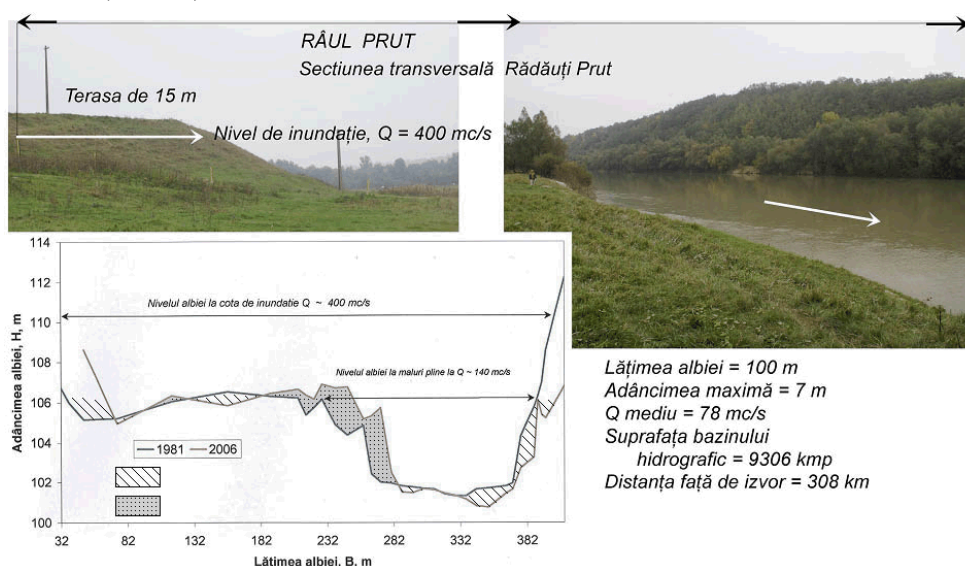


Fig. 10 a. Dinamica secțiunii transversale Rădăuți Prut

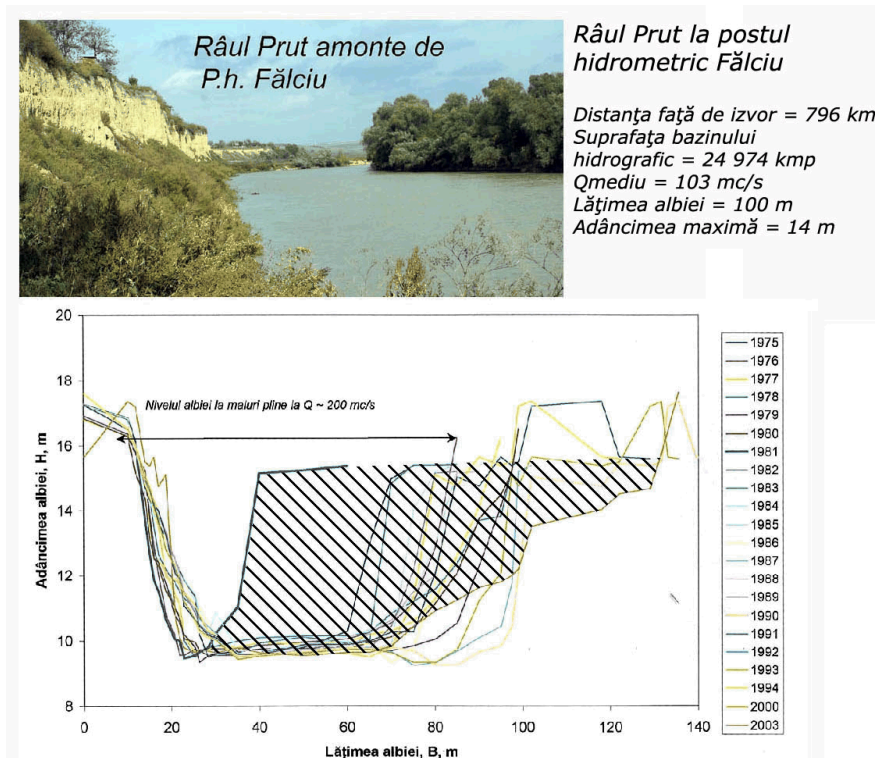


Fig. 10 b. Dinamica secțiunii transversale Fălciu

În secțiunea Rădăuți Prut (fig. 10a) unde lățimea albiei este de 100 m, modificările au fost evaluate doar pentru două perioade de timp din cauza schimbării profilului de măsurare. În perioada 1981-1983, procesul dominant a fost de degradare a albiei, după care în următoarea perioadă, agradarea a fost predominantă. Bilanțul pentru întreaga perioadă a indicat ca proces caracteristic în secțiunea menționată, agradarea, supraînălțarea albiei cu aproximativ 10 mc/m de sedimente. Această tendință confirmă și celelalte observații privind starea albiei amonte de lacul Stâncă Costești, unde mobilitatea aluvionară este mult mai mare.

Avale de baraj, în secțiunea Stâncă, în mod firesc s-a înregistrat un bilanț negativ, consecință a puterii mărite a râului de a eroda. Faptul că albia minoră este adâncită în roca in situ, calcare dure, face ca ritmul de degradare a albiei să fie unul de mică amploare. Oricum, în această secțiune nu există material mobil, decât particule colțuroase provenite din versant.

Tabel 5. Modificarea secțiunii transversale ale râului Prut prin degradare și agradare

Secțiunea	Perioada	Degradare, D, mc/m	Agradare, A, mc/m	D-A, mc/m
Rădăuți Prut	81-83	-76.22	8.3	-67.92
	83-85	-7.98	86.04	78.06
				10.14
Stâncă	82-83	-3.21	0.82	-2.39
	83-84	-1.57	0	-1.57
	84-85	-0.71	2.53	1.82
	85-92	-1.43	0.83	-0.6
	92-93	-0.17	0.47	0.3
	93-95	-2.18	1.92	-0.26
	95-96	-1.43	1.12	-0.31
	96-97	-2.13	2.72	0.59
	97-98	-2.23	0	-2.23
	98-99	-0.44	0.95	0.51
	99-2000	-3.08	3.13	0.05
2000-2001	-1.1	1.82	0.72	

	2001-2002	-0.58	0.77	0.19
	2002-2003	-1.42	0.26	-1.16
	2003-2004	-4.3	0.11	-4.19
	2004-2005	-0.13	0.38	0.25
	2005-2006	-1.08	0.34	-0.74
				-9.02
Ungheni	91-98	-87.67	50.3	-37.37
	98-99	-35.48	42.86	7.38
	99-01	-49.36	74.4	25.04
	01-02	-6.21	13.03	6.82
				1.87
Prisecani	81-82	-41.46	12.59	-28.87
	82-84	-0.2	1.14	0.94
	84-85	-36.39	5.98	-30.41
	85-88	-39.42	0.34	-39.08
	88-91	-13.91	14.95	1.04
	91-98	-10.81	25.37	14.56
	98-99	-14.65	6.01	-8.64
	99-2002	-11.2	11.16	-0.04
				-90.5
Drânceni	75-76	31.01	72.06	41.05
	76-77	1.31	46.76	45.45
	77-78	33.79	0.56	-33.23
	78-79	95.63	41.53	-54.1
	79-80	19.59	33.35	13.76
	80-81	22.48	133.24	110.76
	81-82	68.2	8.52	-59.68
	82-83	23.81	54.27	30.46
	83-84	65.6	5.17	-60.43
	84-85	30.66	46.02	15.36
	85-86	5.15	37.99	32.84
	86-87	32.86	1.35	-31.51
	87-88	25.09	5.16	-19.93
	89-90	64.85	9.25	-55.6
	90-91	14.54	53.55	39.01
91-92	40.29	8.7	-31.59	
92-93	1.02	40.39	39.37	
93-94	4.9	4.56	-0.34	
				21.65
Fălciu	75-76	-40.61	8.91	-31.7
	76-77	-15.85	14.26	-1.59
	77-78	-49.5	1.71	-47.79
	78-79	-7.73	29.04	21.31
	79-80	0	129.73	129.73
	80-83	-35.36	10.96	-24.4
	83-84	-29.23	9.17	-20.06
	84-85	-119.61	2.24	-117.37
	85-87	-3.94	109.81	105.87
	87-88	-4.26	21.04	16.78
	88-89	-166.04		-166.04
	89-90		94.99	94.99
	90-91	-69.84		-69.84
	92-93	-5.08		-5.08
93-94	-98.81	87.86	-10.95	
	94-2003		14.8	14.8
				-111.34
Oancea	2005-2006	-22.60	4.60	-18.00
	25.05.06-26.10.06	-6.25	2.50	-3.75
				-21.75

Spre avale, în secțiunea Ungheni, bilanțul proceselor de albie înclină spre agradare ușoară, dar cele mai mari transformări s-au înregistrat la Prisecani și Fălciu în sens negativ (degradare) și la Drânceni în sens pozitiv (agradare). Așa cum se prezintă tendința în lungul râului (fig. 11), este o succesiune agradare-degradare cu dominarea pe ansamblu a **procesului de degradare**. Tendința se explică în principal prin reducerea cantității de aluviuni transportate și creșterea puterii erozive a apelor descărcate de sarcină.

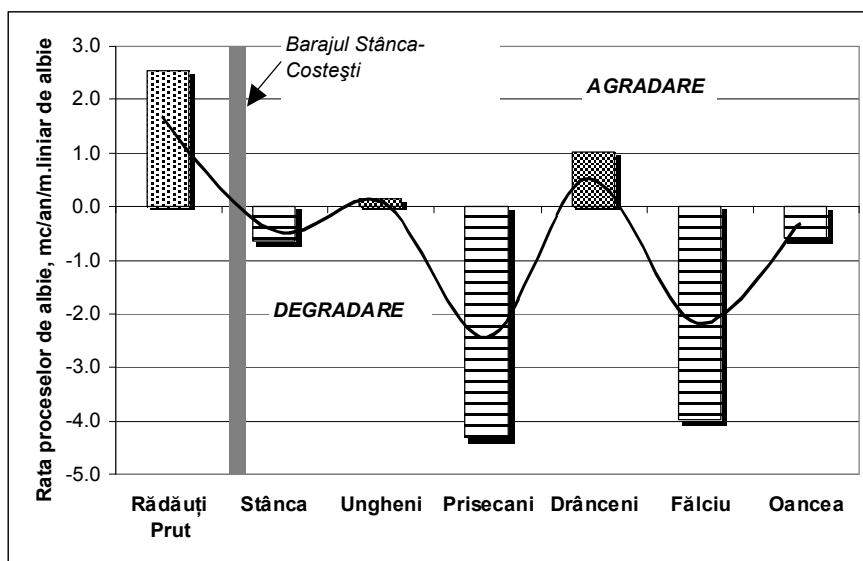


Fig. 11. Succesiunea agradare-degradarea albiei Prutului în profil longitudinal în perioada 1978 – 2006.

În încheiere, apreciem că modificările albiilor de râu datorită instabilității verticale și laterale de-a lungul albiilor aluviale, adesea induse de variate tipuri de intervenții antropice, pot deveni neacceptabile pentru activitatea umană însăși. Mai ales dacă albia majoră este dens populată și bine dezvoltată, așa cum este și situația văii Prutului. Mai mult chiar, fiind și limită a graniței de stat a României, problemele devin și mai importante din punct de vedere geopolitic (prin pierderea sau câștigarea de teritorii).

Modificările în cazul albiei Prutului nu sunt cazuri singulare. Râurile mai importante din Europa au fost supuse unor îndelungi și diverse intervenții antropice, iar schimbările istorice ale albiilor au fost bine studiate (Petts et al., 1989). Adâncirea și îngustarea albiilor a fost observată în multe zone din Franța pentru ultimile două secole, atât în cazul râurilor cu pat de pietriș, precum și a râurilor mici din zona montană (Liebault și Piegay, 2002). Numeroase albi s-au adâncit, începând cu mijlocul secolului al XIX-lea, înregistrând apoi o accelerare în perioada 1950 – 1970. Dominarea adâncirii și îngustării albiilor a fost observată și pentru râurile din regiunea Toscana unde Rinaldi (2003) a identificat trei clase calitative de modificări verticale ale albiilor (adâncire limitată, adâncire moderată și adâncire intensă). În ansamblu, tipul dominant al modificării verticale a albiilor a fost adâncirea generalizată în lungul tuturor sistemelor fluviale investigate. În partea centrală a Spaniei, râurile Tagus și Jarama au înregistrat aceeași tendință între 1945 și 2000. Cauza principală invocată de autori rezultă din reducerea cantității de aluviuni transportate din aria sursă și dezvoltarea vegetației ripariene.

Cunoștințele geomorfologice asupra tendințelor de evoluție a albiilor, așa cum am încercat să le conturăm pentru râul Prut, pot conduce la măsuri adecvate de prevenire și atenuare a efectelor negative. În detaliu, adâncirea albiei și modificarea geometriei secțiunii transversale au numeroase efecte ambientale și societale din care enumerăm: punerea în pericol a podurilor, a digurilor și alte structuri ingineresti; pierderi de terenuri agricole, evacuări de mari volume de aluviuni; pagube produse ecosistemelor acvatice și riverane; pierderi ale diversității habitatului, sărăcirea în ihtiofaună determinată de neputința peștilor pentru depunerea icrelor; efecte asupra relației între râu și apele freactice, pagube aduse vegetației riverane. Toate acestea sunt motive puternice pentru ca albiile de râu să fie în mod permanent în atenția geomorfologilor și a altor domenii științifice.

Bibliografie

- Amăriucăi M. (2000), *Șesul Moldovei extracarpatică dintre Păltinoasa și Roman. Studiu geomorfologic și hidrologic*, Edit. Carson, Iași.
- Băloiu, V. (1980), *Amenajarea bazinelor hidrografice și a cursurilor de apă*, Editura Ceres, București
- Băloiu, V., Ionescu, V. (1986), *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor*, Editura Ceres, București.
- Băcăuanu V. (1968), *Câmpia Moldovei. Studiu geomorfologic*, Ed. Academiei, București.
- Băcăuanu, V., Barbu, N., Pantazică, Maria, Ungureanu, A., Chiriac, D. (1980), *Podișul Moldovei. Natură, om, economie*. Editura științifică și enciclopedică, București.
- Bondar C., State I., Dediu R., Supuran I., Vașlaban G., Nicolau G. (1980), *Date asupra patului albiei Dunării în regim amenajat pe sectorul cuprins între Baziaș și Ceatal Izmail*, Studii și cercetări de hidrologie, XLVIII.
- Condorachi D. (2006), *Studiu fizico-geografic al zonei deluroase dintre văile Lohan și Horincea*, Editura Stef, Iași.
- Diaconu C. (1971), *Râurile României*, IMH București.
- Duma D. (1988), *Influențe antropice asupra transportului de aluviuni și dinamicii albiilor râurilor*, Lucr. celui de al II-lea Simpozion "Proveniența și Efluența Aluviunilor", Piatra Neamț.
- Knighton A.D. (1988), *The impact of the Parangana Dam on the River Mersey, Tasmania*, Geomorphology, 1.
- Leopold L.B., Wolman (1957), *River Channel Patterns - Braided, Meandering and Straight*, United States Geological Survey, Professional Paper 282B.
- Liebault F., Piegay H. (2003), *Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of Southeastern France*, Geomorphology, 27.
- Olariu, P., Gheorghe, Delia (1999), *The effects of human activity on land erosion and suspended sediment transport in the Siret hydrographic basin*, in *Vegetation, land use and erosion processes* (editat I. Zăvoianu, D. E. Walling, P. Șerban), Institut de Geografie, 40-50, București.
- Panin N. (1976), *Some aspects of fluvial and marin processes in Danube Delta*, An. Inst. De Geologie, L, București.
- Petts G. E., Möller H., Roux, A. L. (editori) (1989), *Historical Changes of Large Alluvial Rivers in Western Europe*, Wiley, Chichester, London.
- Popa-Burdulea Alina (2007), *Geomorfologia albiei râului Siret*, Teză de doctorat, Universitatea „Al.I.Cuza” Iași.
- Rădoane Maria, Rădoane N., Ichim I., Surdeanu V. (1999), *Ravenele*, Presa Universitară, Cluj Napoca.
- Rădoane N. (1996), *Evaluarea producției de aluviuni în bazinul versant al lacului Stânca Costești, sectorul românesc*, SCG t XLIII, București.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N., Dumitriu D. (2003). *Impactul construcțiilor hidrotehnice asupra dinamicii reliefului*, în *Riscuri și catastrofe*, editor V. Sorocovschi, Universitatea „Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca, 174-185.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N. (2005), *Dams, sediment sources and reservoir silting in Romania*. Geomorphology, 71: 112-125.

- Rădoane, Maria, Rădoane N., Dumitriu, D., Cristea, I. (2007), *Granulometria depozitelor de albie ale râului Prut între Orofiteana și Galați*, Revista de Geomorfologie, 7, București.
- Rinaldi M. (2003), *Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy*, Earth Surface Proc. Landforms, 28.
- Sficlea V. (1980), *Podișul Covurlui*, În vol. „Cercetări în Geografia României”, Edit. Șt. și Enciclopedică, București
- Ujvari I. (1972), *Geografia apelor României*, Ed. Șt. Encicl. București.
- * * * *Dams in Romania* (2000), Romanian National Committee on Large Dams, Bucharest.

Adresa autorilor:

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