

PROBLEME ALE TRANSPORTULUI DE ALUVIUNI ÎN LACURI DE INTERES HIDROENERGETIC DIN ROMÂNIA

Maria RĂDOANE, Nicolae RĂDOANE, Dan DUMITRIU,
Crina MICLĂUȘ

Cuvinte cheie: Bistrița, Buzău, lacuri de baraj, sedimente, granulometrie, grosimea sedimentelor, turbiditate.
Key words: Bistrița, Buzău, clam-lakes, sediments, granulometry, sediments thickness, turbidity.

Problems of Sediment Transport in Hydropower Dam-lakes in Romania. Our study is related to five dam-lakes arranged in cascade along the Bistrița River and Buzău River. The researches took into attention the sediment distribution in relation with the upstream and lateral sediment input and with ancient morphology of valleys flooded by lakes. To determinate the sediment characteristics (grain size, bulk density) the samples were collected from each lake, and from the alluvial fans of the lateral tributaries.

The main results obtained showed that the larger dam-lakes trap almost in all the coarse particles, and the clay is transferred towards downstream dam-lakes. The silt is the dominant particle in all dam-lakes (45- - 50%). The second class as weight in grain size distribution is the sand, which diminishes from 45% in Pângărați Reservoir, to 26% in Bâta Doamnei Reservoir and 35% in Reconstructia Reservoir.

1. Introducere

Cunoașterea proceselor care au loc în lacurile de baraj de interes hidroenergetic, în vederea găsirii unor soluții viabile pentru prevenirea colmatărilor rapide sau, în ultimă instanță, recurgerea la decolmatări hidraulice, este condiționată de studiul distribuției sedimentelor și a caracteristicilor acestora.

În mod tradițional, cercetările în teren ale hidrologilor și geomorfologilor au fost orientate către aspectul *cantitativ* (aportul afluenților, stocul de aluviuni din cuveta lacustră pentru stabilirea așa - numitului "volum mort" al acumulării, distribuția areală a sedimentelor etc.) și mai puțin asupra laturii *calitative*. Studiile caracteristicilor sedimentelor sau a proprietăților acestora, necesare explicării mărimii ratei eroziunii sau a transportului, sunt de dată mai recentă. Expresia de "calitatea aluviunilor" a fost introdusă de Walling (1983, 1984), însă fără a-i da o definiție. Ichim (1986) concluzionează că termenul de "calitatea aluviunilor" integrează acele caracteristici care permit evaluări cantitative între evacuare și surse de aluviuni. De asemenea, este știut faptul că stocul de sedimente din lac depinde nu numai de caracteristicile morfometrice și hidraulice ale acumulărilor, de regimul de exploatare, ci și de proprietățile sedimentelor.

Studiul nostru s-a orientat spre cinci lacuri de baraj cu condiții de manifestare distincte, tocmai pentru a scoate în evidență cât mai real aceste aspecte. Patru dintre acestea, Pângărați, Vaduri, Bâta Doamnei și Reconstructia amenajate în cascadă pe râul Bistrița, imediat în aval de lacul Izvoru Muntelui, prezintă unele particularități care le diferențiază, iar al cincilea, lacul Cândești, de pe Buzău, după formă și zonă de amplasare se datează de primele. Cercetările noastre au avut în vedere cunoașterea distribuției granulometrice a sedimentelor în cadrul cuvetei lacurilor în relație cu intrarea de aluviuni din amonte și cu unele caracteristici ale morfologiei anterioare a văilor în care s-au amenajat lacurile. Pentru determinarea granulometriei aluviunilor superficiale din cuveta lacurilor s-au prelevat probe din mai multe puncte ale unor profile transversale. Caracteristicile fizice ale sedimentelor s-au determinat prin recoltarea de probe

netulburate. Probele respective provin din stratul de suprafață al sedimentelor submerse; de pe conurile aluviale ale pâraielor Oașu, Pângarați, Pângărăcior, Secu, Bisericiani, Bâtca Doamnei s-au recoltat câte 1 - 4 probe de sedimete din zona emersă.

Datele privind alcătuirea granulometrică a sedimentelor din lac și prelucrarea acestora a constat și în obținerea diametrelor caracteristice (D_5 , D_{16} , D_{25} , D_{50} , D_{75} , D_{84} , D_{95}) de pe curbele cumulative cu ajutorul cărora s-au calculat indicii granulometrici: *coeficientul de sortare Trask (So)*; *coeficientul de asimetrie a repartițiilor granulometrice Folk/ Ward (Sk)*; *angulozitatea sau kurtosisul (K) repartițiilor granulometrice*.

Folosindu-se valoarea diametrului median, s-au întocmit hărți de repartiție ale diametrului median al sedimentelor de suprafață pentru toate lacurile, precum și diagrame de variație ale acestui parametru în profilul longitudinal al lacurilor.

Pentru evaluarea transportului de aluviuni în suspensie s-au utilizat datele de la stațiile hidrometrice existente pe principalii afluenți, iar acolo unde nu au existat măsurători intrările de aluviuni au fost estimate cu ajutorul unor relații empirice (Ichim *et al.*, 1986).

2. Date generale asupra lacurilor

Lacurile Pângarați, Vaduri, Bâtca Doamnei și Reconstrucția fac parte din cascada lacurilor mici, amenajate pe Bistrița, aval de lacul Izvoru Muntelui. Lungimea totală a sectorului pe care sunt amplasate (între coada lacului Pângarați și Reconstrucția) este de cca 18 km și prezintă o cădere pe sector de 56,51 m (între 364,4 m d. M.B. - NNR lac Pângarați - și 307,89 m d. M.B. - NNR lac Reconstrucția). Specificăm că între barajul Vaduri și coada lacului Bâtca Doamnei există un sector cu veche albă a râului Bistrița de circa 3,45 km, celelalte lacuri fiind dispuse din bief în bief. Cel de-al cincilea lac, lacul Căndești, este situat pe râul Buzău, în sectorul subcarpatic al văii. Trăsăturile comune ale acestor lacuri sunt poziția în sectorul mijlociu al unor mari râuri din România, caracterul lor de bief, de unde și dimensiunea relativ redusă și o rată mare de intrare a aluviunilor.

Tabelul 1

Date generale asupra lacurilor studiate.
General data on the studied dam-lakes.

Lacul	Volum (mil m ³)		Suprafața (ha)		Adâncime max (m)	Lungime (m)	Lățime (m)		
	Vb	Vu	NNR	NME			min	max	med
Pângarați	6,750	2,200	153	185	15,00	3,80	50	840	330
Vaduri	5,600	0,400	90	119	15,80	4,30	70	640	270
Bâtca Doamnei	10,00	3,600	250	280	15,50	3,60	60	1050	570
Reconstrucția	0,426	0,115	250	270	5,00	3,00	85	180	120
Căndești	3,115	2,180				4,20	100	120	110

3. Evaluarea depunerilor în cuvetele lacurilor Pângarați, Vaduri, Bâtca Doamnei, Reconstrucția și Căndești

Depunerile de sedimente sunt strâns corelate cu afluenții care furnizează apă și aluviuni. Acestea sunt mari la lacul Pângarați, unde furnizorul principal este Bistrița și scad spre aval, pe de o parte datorită stocărilor din primul lac, iar pe de altă parte datorită reducerii bazinului sursă. Dintr-un studiu efectuat de noi, rezultă că în lacul Pângarați pătrund anual cca. 215 000 tone sau 135 000 m³ aluviuni.

Ciaglic și colab. (1973), referindu-se la colmatarea lacului Pângarați, arată că efectul de captare al acestuia este de 100% pentru aluviunile târâte, iar cantitatea acestora reprezintă 97% din totalul depunerilor. Efectul de captare global (aluviuni în suspensii + târâte) este de 76,5%. Acesta explică ritmul intens de colmatare a lacului Pângarați.

Având în vedere valoarea arătată și perioada de existență a lacului (32 ani), putem considera că în cuveta sa au intrat cca. 4 321 500 mc aluviuni. Această valoare trebuie amendată cu cantitățile de sedimente erodate și spălate în perioadele de golire, sedimente care au fost transportate spre lacurile din aval.

În ceea ce privește ceilalți afluenți furnizori de aluviuni pentru lacurile din aval, valorile sunt prezentate în tabelul 2. Dintre aceștia reținem în mod deosebit aportul râului Cuejdiu în colmatarea lacului Reconstrucția.

Tabel 2

Date asupra aluviunilor transportate prin intermediul afluenților în lacurile Pângarați, Vaduri, Bâta Doamnei, Reconstrucția și Cândești. – *Data on the sediments transported by the lateral tributaries in the Pangarati, Vaduri, Batca Doamnei, Reconstructia and Candesti Reservoirs.*

Denumirea afluentului	Aluviuni în suspensie	Aluviuni târâte		Total aluviuni
	t/an	m ³ /an	m ³ /an	m ³ /an
Lacul Pângarați				
Bistrița	43 204	27 172	82 804	109 976
Oaștu	12 825	8 066	7 252	15 318
Pângarați	7 015	4 412	5 294	9 706
Lacul Vaduri				
Păgărăcior	12 810	8 057	7 251	15 308
Secu-Vaduri	9 141	5 749	5 174	10 923
Bisericiani	1 765	1 110	999	21 090
Lacul Bâta Doamnei				
Agârcia	5 728	3 603	3 243	6 846
Valea Mare	6 699	4 213	3 792	8 005
Doamna	8 547	5 375	4 837	10 212
Lacul Reconstrucția				
Borzoghean	1 730	1 088	979	2 067
Cuejdi	27 942	17 574	15 817	33 391
Lacul Cândești				
Bălăneasa	-	-	-	237 433
Sărățel	-	-	-	234 674
Păcelele	-	-	-	40 145

Din datele prezentate asupra furnizării de aluviuni, rezultă că lacul Pângarați prezintă cel mai înalt grad de colmatare, cuveta acestuia fiind ocupată de sedimente într-un procent de 64%. În ceea ce privește grosimea depunerilor din cuvetele lacustre se observă o variație, atât în profil longitudinal, cât și în profil transversal.

În cazul lacului Cândești, afluenții direcți care participă cu apă și aluviuni la alimentarea și colmatarea acestuia sunt râurile: Buzău, Bălăneasa, Sărățel și Păcelele. Cantitatea de aluviuni furnizate de către Buzău în secțiunea de la Cislău a fost evaluată la circa 2 567 445 tone/an, dintre care aportul râului Bâsca Chiojdului este de circa 592 000 tone/an. În aval de confluența Bâscai Chiojdului, principalul furnizor de aluviuni este pârâul Bălăneasa. Importanța acestuia trebuie avută în vedere, atât în ceea ce privește cantitățile de aluviuni pe care le furnizează cât și a distanței relativ reduse, 9 km, între confluență și lac. Acest ultim aspect influențează tranzitarea îndeosebi la ape mari, a celei mai mari părți din aluviuni în lacul Cândești. Pe baza relațiilor empirice s-a determinat aportul de aluviuni pentru fiecare dintre bazinele amintite. *Astfel râul*

Bălăneasa transportă în Buzău, anual circa 344 279 tone aluviuni, Sărățelul circa 340 278 tone, iar Pâclele circa 58 211 tone. Alături de aceste bazine pot fi luate în considerație și altele, cel puțin acelea care tranzitează aluviunile direct în albia principală a Buzăului.

În general, încărcătura solidă este transportată la viituri când pe albiile sunt puse în mișcare cantități mari de aluviuni atât târâte cât și în suspensie. Cum toate aceste râuri au pante destul de mari, puterea de transport crește foarte mult astfel că în lac pot ajunge nu numai aluviunile fine (nisipuri, silturi, argile) ci și pietrișuri (a se vedea granulometria aluviunilor recoltate din coada lacului, atât în cazul celor transportate de Buzău cât și în cel al râului Sărățel). În situația în care regimul de exploatare a lacului nu este respectat, acestea sunt stocate, iar îndepărtarea lor din cuveta lacustră nu se poate realiza decât mecanic sau prin spălări hidraulice cu debite foarte mari.

4. Granulometria sedimentelor din lacurile Pângărați, Vaduri, Bâtca Doamnei, Reconstrucția și Cândești

Analiza compoziției granulometrice a fost făcută pentru materialele sedimentare recoltate din fiecare lac în parte. S-a recoltat în total un număr de 247 probe repartizate pe lacuri astfel: 97 probe din lacul Pângărați, 41 probe din lacul Vaduri, 54 probe din lacul Bâtca Doamnei, 16 probe din Reconstrucția și 39 probe din lacul Cândești (fig. 1, 2). Interpretarea rezultatelor a evidențiat o oarecare variabilitate a distribuțiilor spațiale a sedimentelor pentru fiecare lac în parte și pentru fiecare variație a condițiilor locale, care condiționează aceste repartiții.

Totuși, anumite similitudini s-au putut observa. Astfel, la coada lacurilor Pângărați și Cândești s-au pus în evidență existența unor *curenți de fund încărcăți cu aluviuni grosiere*, care scad în intensitate odată cu încetinirea vitezei și lărgirea secțiunilor. Lungimea frontului de propagare a curentului de fund este direct proporțională cu mărimea debitului afluent și invers proporțională cu mărimea particulelor transportate și cu panta patului cuvetei (Roșca *et al.*, 1982).

Diametrul median al sedimentelor se reduce treptat din amonte spre aval (exceptând zona confluențelor laterale), apoi crește din nou - mai mult sau mai puțin la fiecare lac în parte - în apropierea barajului, ca urmare a existenței unui con de absorbție datorită uzinărilor și curenților turbulenți care antrenează o parte din materialul fin depus în această zonă. În cazul lacului Vaduri, debitele evacuate din lacul Pângărați au o concentrație mică de aluviuni și practic sunt lipsite de aluviuni târâte.

Efectele afluenților laterali sunt importante în ceea ce privește modul de distribuție a aluviunilor. În cazul afluenților laterali, în special al celor amenajați, aluviunile fine sunt transportate de curenți în largul acumulărilor. Afluenții neamenajați sau ale căror praguri au fost colmatate, transportă, de regulă, aluviuni mai grosiere care se depun sub formă de conuri aluviale (Pângărați, Pângărăcior, Sărățel).

Prezentarea acestor variații, pentru fiecare lac în parte, este necesară pentru a se putea surprinde principalele particularități care caracterizează acumulările respective.

Granulometria aluviunilor din lacul Pângărați.

Lacul Pângărați prezintă o granulometrie a sedimentelor influențată de cei trei tributari: Bistrița, Oanțu și Pângărați. Albia râului Bistrița la p.h. Straja (cca. 3 km amonte de lac) este formată în proporție de 58% din blocuri cu peste 100 mm diametru, diametrul median pentru proba globală este de 105 mm. Albia râului Oanțu la postul hidrometric situat la cca. 1 km amonte de confluența cu lacul este alcătuită în proporție de cca. 46% din bolovani 20 - 100 mm, D_{50} fiind de 60 mm. În pavaj predomină blocurile cu $D_{50} = 94$ mm, iar în subpavaj bolovănișurile cu $D_{50} = 43$ mm. Albia aceluiași râu, pe conul aluvial, la intrarea în lacul Pângărați, este de asemenea bolovănoasă, deși pe suprafața conului materialul este mai mărunt, fiind cuprins în categoria pietrișului. Eșantionarea realizată în albia pârâului la 200 m amonte de lac arată un D_{50} de 65 mm.

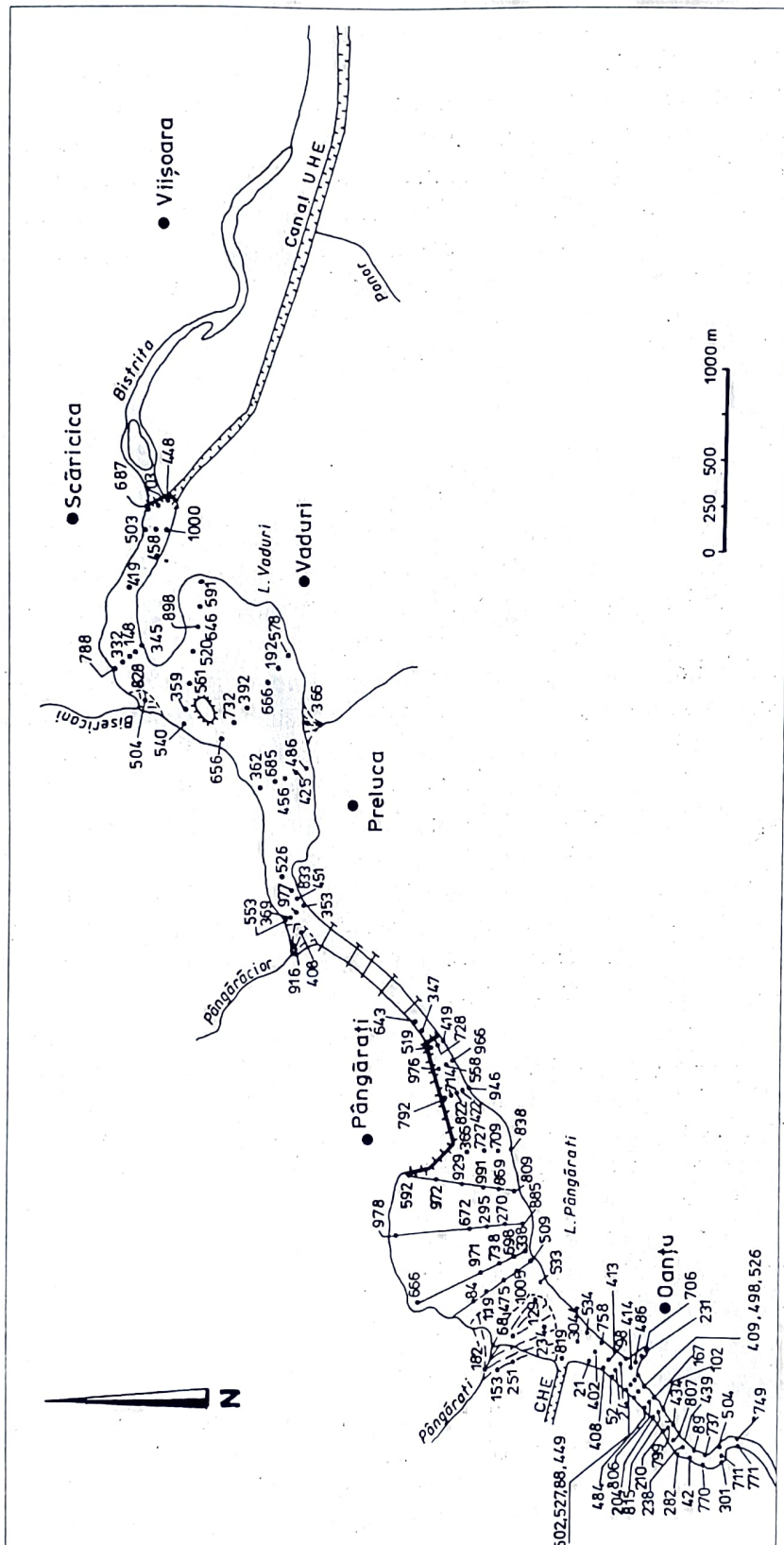


Fig. 1A. Lacurile Pângărați și Vaduri. Poziția punctelor de recoltare a probelor. – Position of the sediment sampling points.

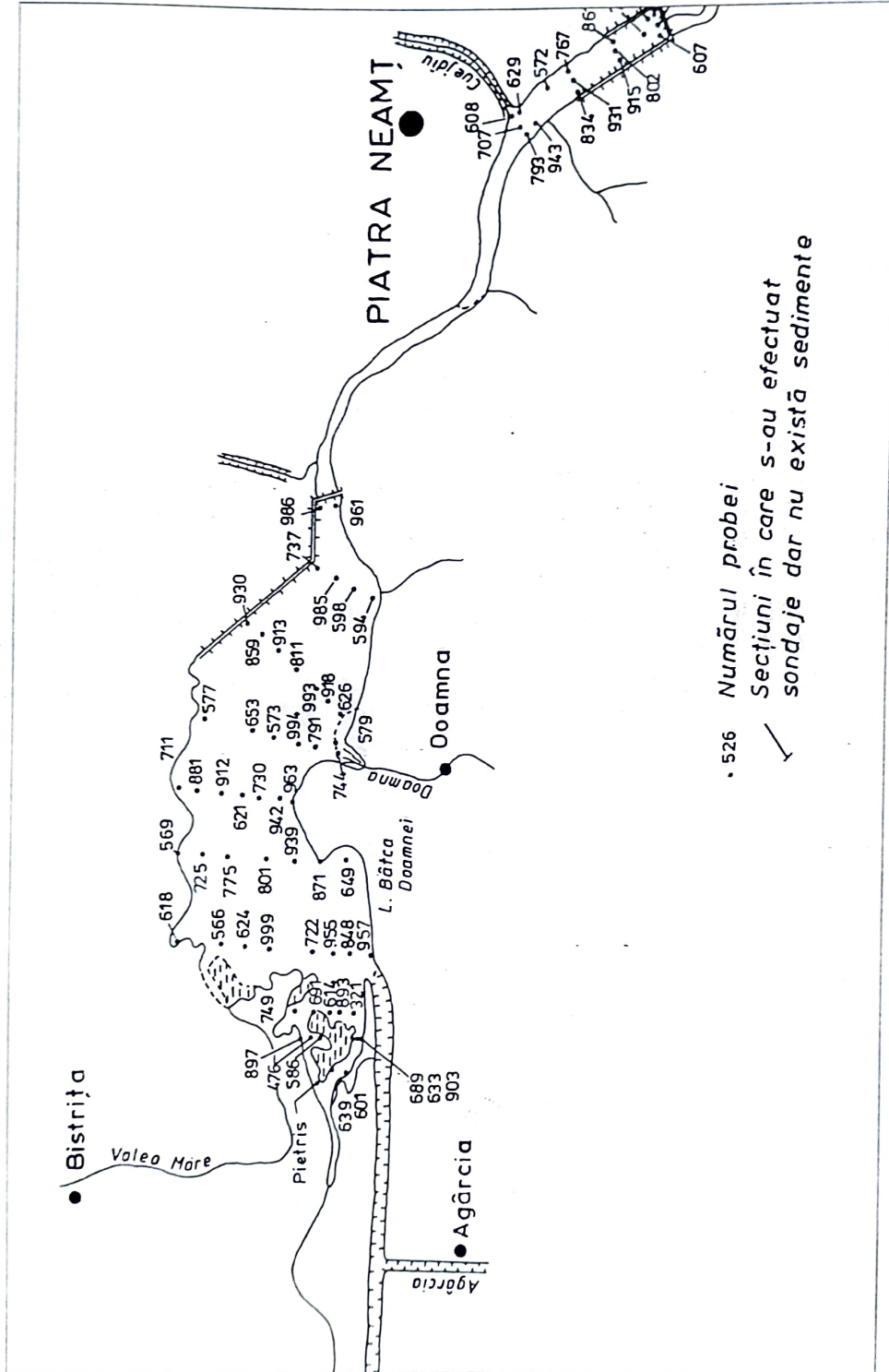


Fig. 1 B. Lacurile , Bâta Doamnei si Reconstrucția. Poziția punctelor de recoltare a probelor. – Position of the sediment sampling points.

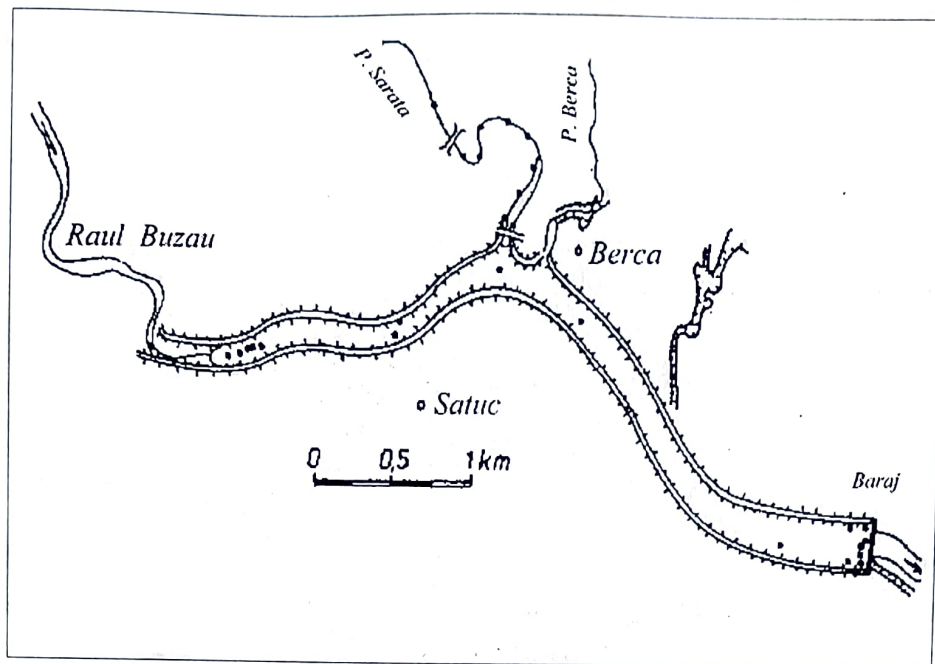


Fig. 2. Acumularea Căndești. Localizarea punctelor de prelevare a probelor.
– Căndești Reservoir. Position of the sediment sampling points.

Albia râului Pângărați amonte de lac este canalizată cu dale de beton. Acestea au fost dislocate și împinse, formând adevărate baraje naturale, care accentuează eroziunea laterală și în talveg. Sectorul este lipsit de aluviuni, acestea fiind îndepărtate la viituri, dar ele sunt prezente în zona de formare a conului și pe terasa de 2 - 4 m a Bistriței. Din eșantionarea realizată la apexul conului a rezultat un $D_{50} = 56$ mm, materialul fiind în proporție de 52% bolovănos (20 - 100 mm).

Ca o concluzie pentru acești emisari ai lacului reținem caracterul bolovănos al materialelor furnizate. Se poate aprecia că *materialul solid mai fin de 20 mm are condiții de a fi transportat prin târâre, saltație și suspensie până în zona centrală a lacului.*

Datele privind compoziția granulometrică a sedimentelor ne-au condus la sintetizarea următoarelor observații:

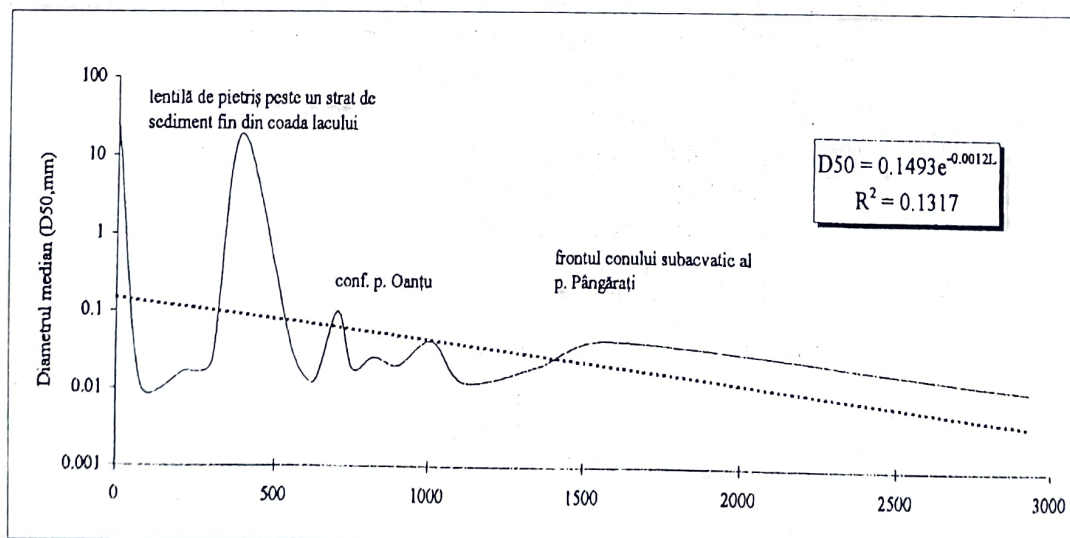


Fig. 3. Variația longitudinală a diametrului median al sedimentelor din lacul Pângărați.
– The downstream variation of the median diameter of sediments from the Pangarati Reservoir.

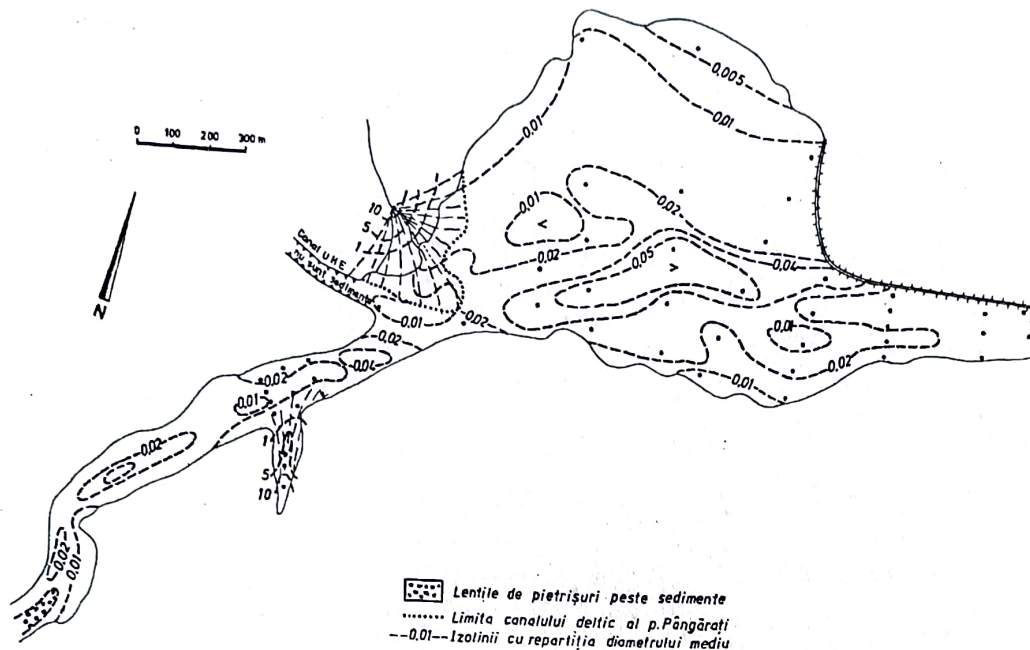


Fig. 4. Repartiția diametrului median al sedimentelor superficiale în lacul Pângărați.
 – Distribution of the median diameter of the sediments from the Pangarati Reservoir

- diametrul median al sedimentelor din partea centrală a albiei și lacului prezintă o distribuție în profil longitudinal (fig. 3) din care se observă că nu există o gradare distinctă a materialului transportat. În sectorul din amonte de confluența râului Oanțu, pe vechiul șenal se găsește pietriș ($D_{50} = 30$ mm și $D_{50} = 19$ mm) dispus în lentile peste sedimente fine. Spre aval, diametrele scad la 0,01 - 0,02 mm, dar cresc din nou după confluența râului Oanțu până în apropierea canalului de fugă, unde ajunge la 0,04 - 0,05 mm. La intrarea canalului de fugă a UHE "D. Leonida" Stejaru care exercită o spălare și îndepărtare a sedimentelor se înregistrează un D_{50} sub 0,01 mm. În avale de acest scurt sector, diametrul median al sedimentelor crește din nou, ajungând și depășind 0,05 mm. Arealul respectiv se dispune în lungul vechii albiei a Bistriței și parțial pe terasa de 2 - 4 m.

Prezența sa se datorează curentului produs de apele uzinate provenite de la UHE Stejarul, care au puterea de a prelua sedimente mult mai grosiere care pătrund pe albia Bistriței și a le împinge spre aval. De o parte și de alta a acestui areal se dispun valori mai coborâte (0,02 - 0,04 mm; 0,04 - 0,05 mm). Cea mai mare parte din cuveta lacustră este însă ocupată de sedimente a căror D_{50} se situează sub 0,02 mm. Acestea ocupă terasa de 2 - 4 m de pe stânga lacului, unde apele sunt linițite și lipsite de curenți laterali (fig. 4).

Pe măsură ce ne apropiem de barajul lacului, datorită sedimentării particulelor mai mari se ajunge din nou la sedimente mai fine, sub 0,02 mm. În ceea ce privește conul pârâului Pângărați, se remarcă o direcționare a diametrelor cuprinse între 0,02 - 0,04 mm, probabil pe sensul de curgere a pârâului. Adicional acestui curent se dispun diametre mai mici, cuprinse între 0,01 - 0,02 mm. Pârâul Pângărați intervine, deci, ca un perturbator și nu excludem posibilitatea ca aici să existe o mixtură de diametre și mai mari, care pătrund, îndeosebi, la viituri și în perioadele de coborâre a nivelurilor, dar care nu au fost surprinse în probele recoltate de la suprafața sedimentelor.

- nisipul și siltul reprezintă peste 90% din sedimentele lacului Pângarați, iar ponderile de nisip cresc la confluențele Oanțu, Pângarați și în zona centrală a lacului (fig. 5).

- relația între diametrul median al sedimentelor și adâncimea apei lacului Pângarați arată că, în ansamblu, în zonele unde sunt ape mici există tendința de acumulare a sedimentelor grosiere, iar în zonele de ape adânci se acumulează sedimente fine. Corelația este foarte slabă, ceea ce indică faptul că există multe deviații de la această tendință. De exemplu, o asemenea deviație este acumularea materialelor grosiere în zona centrală a lacului (profilul 8) datorită efectului curenților canalului de fugă al hidrocentralei.

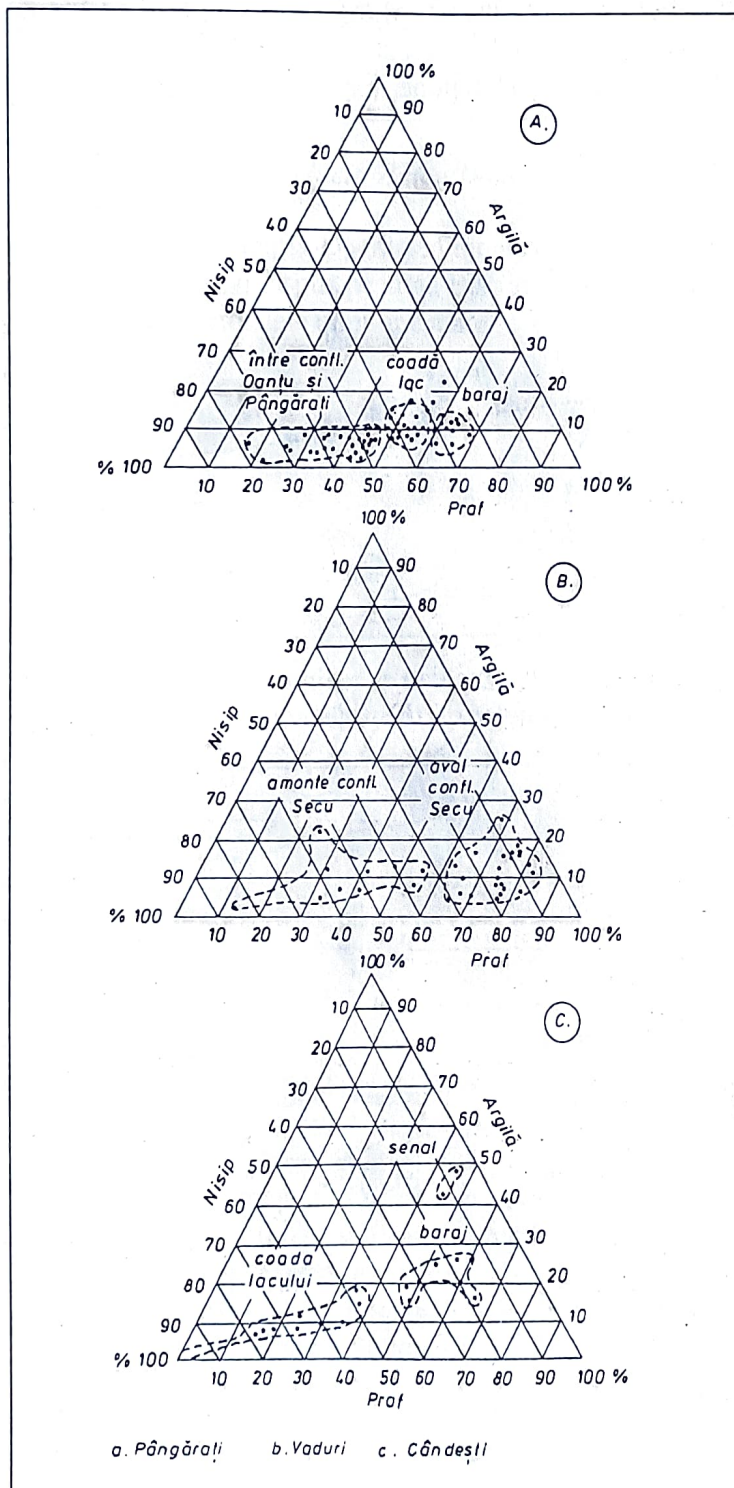


Fig. 5. Compoziția granulometrică a sedimentelor din lacurile: A. Pângărați; B. Vaduri; C. Cândești. - The grain size composition of the sediments from the: A. Pangarati; B. Vaduri; C. Candesti.

Granulometria aluviunilor din lacul Vaduri.

Analiza distribuției D_{50} a sedimentelor din lac ne oferă o situație oarecum diferită de cea a lacului Pângarați:

- în primul rând, atrage atenția lipsa sedimentelor pe sectorul dintre hidrocentrala Pângarați și confluența cu râul Pângărăcior. Este vorba de albia Bistriței, care este puternic spălată de curentul apelor uzinate, încât în albie se găsesc doar blocuri, bolovănișuri și, în câteva puncte s-au recoltat prundișuri;

- de asemenea, pentru întreg lacul se observă că aluviunile au un diametru median mult mai redus decât cele din lacul Pângarați, fapt evidențiat în diagrama de variație în profil longitudinal (fig.6). La confluența râului Pângărăcior, în urma viiturilor produse în bazinul hidrografic sunt transportate cantități mari de aluviuni care conduc la obturarea parțială a albiei (exemplu anul 1991), fiind nevoie de operații de decolmatare. al depunerilor variază între 1,8 și 2,4 mm.

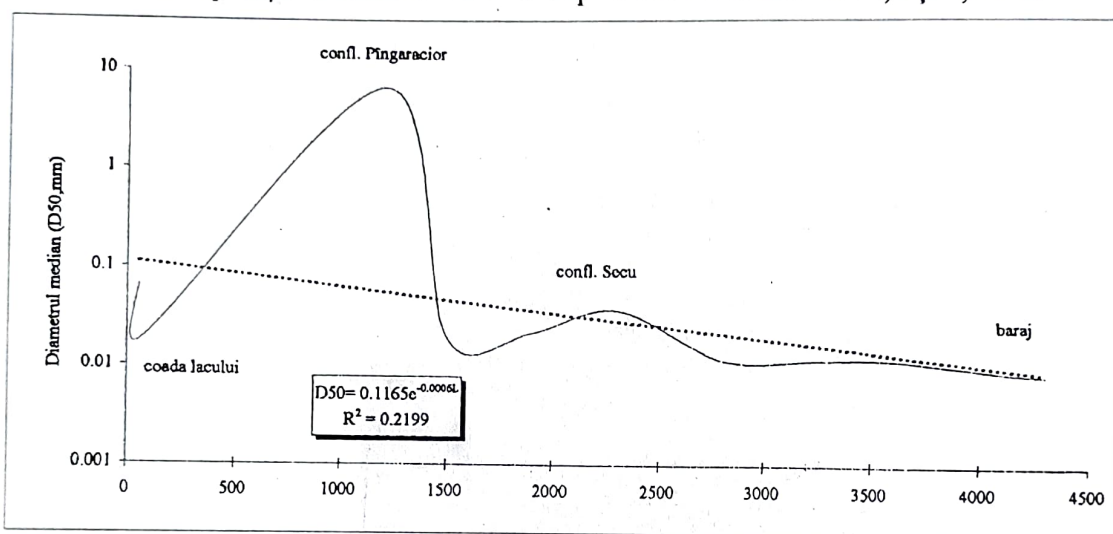


Fig. 6. Variația longitudinală a diametrului median al sedimentelor din lacul Vaduri.
- The downstream variation of the median diameter of the sediments from the Vaduri Reservoir.

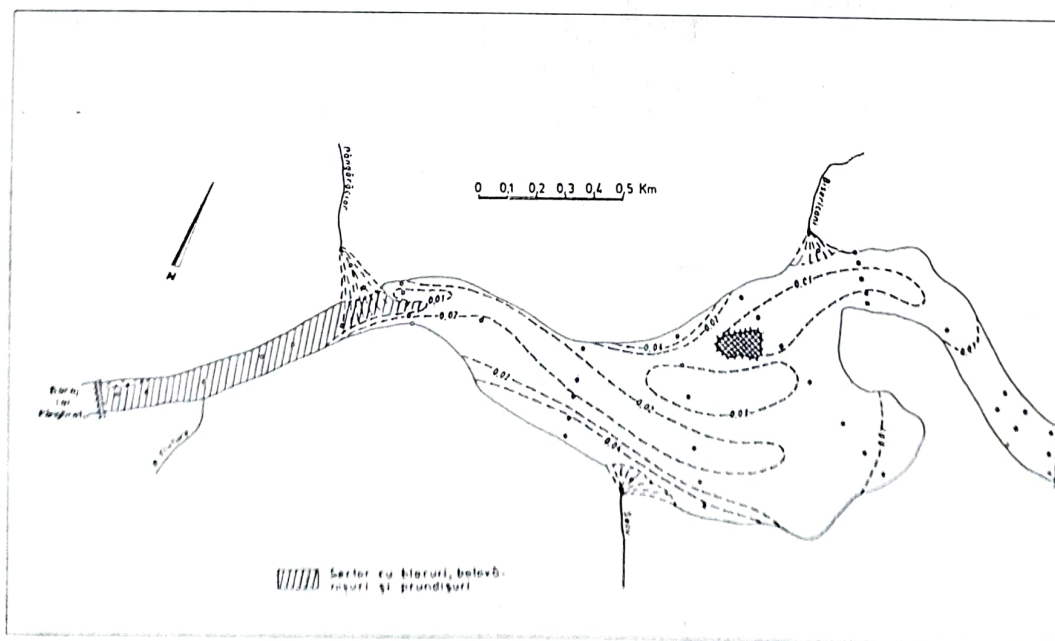


Fig. 7. Lacul Vaduri. Repartiția diametrului median al sedimentelor de suprafață.
- Vaduri Reservoir. Distribution of the median diameter of the sediments.

- aval de confluența cu pârâul Pângărăcior D_{50} se observă o dispunere sub formă de benzi longitudinale care se canalizează în lungul albiciei minore a Bistriței. Adiacent albiciei minore există areale în care D_{50} este mai redus, sub 0,02 mm. De asemenea, pe partea dreaptă există un areal dispus în lungul lacului, unde granulometria aluviunilor este mai mare de 0,04 mm. Nu excludem posibilitatea ca valorile respective să fie în parte datorate și p. Secu. În partea dinspre aval al lacului domină aluviunile mult mai fine, a căror D_{50} nu depășește 0,01 mm.

- distribuția D_{50} a sedimentelor în profilul longitudinal al lacului Vaduri (fig.7) scoate în evidență efectul perturbator al pârâului Pângărăcior, aval de care diametrele mediane scad de la 6,7 mm la 0,0089 mm, în timp ce sortarea crește, mai ales avale de confluența Secu.

- analiza procentuală a datelor relevă faptul că sedimentele se încadrează în categoria nisipurilor siltice (sau prăfoase) uneori silturi nisipoase (sau praf nisipos) până în aval de confluența pârâului Secu, după care spre aval domină conținutul de silt (praf) (fig.4B). Valoarea mai mare a procentului de nisip dintre profilele 8 - 6, poate constitui o perturbare în sedimentare dată de Pângărăcior și Secu.

Granulometria aluviunilor din lacul Bâtea Doamnei

În cadrul acestui lac distribuția D_{50} al sedimentelor prezintă omogenitate mai mare (fig. 8). Se pune în evidență un mic areal dispus pe albia Bistriței la intrarea în lac, unde sunt pietrișuri care pătrund dinspre amonte în perioadele unor ape mari.

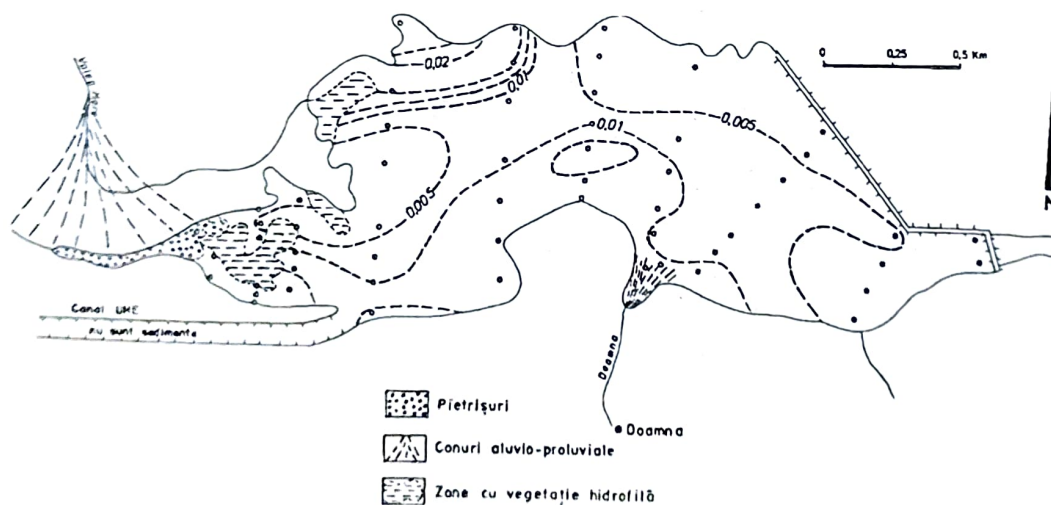


Fig. 8. Lacul Bâtea Doamnei. Repartiția diametrului median al sedimentelor de suprafață. – Bâtea Doamnei Reservoir. Distribution of the median diameter of the sediments.

Un alt areal unde sedimentele au D_{50} mai mare se află la confluența pârâului Valea Mare, unde valorile sunt cuprinse între 0,02 - 0,05 mm. Un mic areal cu valori de 0,02 - 0,04 mm se află și în partea centrală a lacului, prezența acestuia fiind dată de aportul curentului de la canalul de fugă de la UHE Vaduri, care reușește să împingă sedimentele cu diametre mai mari până în această zonă. În restul lacului domină sedimente fine cu D_{50} sub 0,02 mm, coborând chiar sub 0,05 mm. Prezența pe areale mari a sedimentelor cu diametru redus este determinată de reținerile aluviunilor mai grosiere în lacurile din amonte, dar și aportului neînsemnat al afluenților direcți. Chiar și

pârâul Valea Mare, un furnizor important de aluviuni, descarcă sedimentele în albia majoră a Bistriței, blocând vechea zonă de confluență și orientându-și cursul și intrând în lac la cca. 2 km în aval. Râul Doamna exercită o influență neînsemnată, aceasta evidențiindu-se în golful de la confluența pârâului.

Repartiția procentuală a sedimentelor din lacul Bâtca Doamnei arată că cel mai important efect în redistribuirea sedimentelor îl are canalul de fugă a UHE Vaduri, determinând o acumulare a nisipurilor (până la 60% din volumul probelor) în zona centrală a lacului, între confluențele Valea Mare și Doamna. Și în ce privește variația în profil longitudinal a diametrului median al sedimentelor din cuveta lacului Bâtca Doamnei (fig. 9), se constată influența puternică a canalului de fugă în dispunerea diametrelor, existând un salt granulometric de la 0,01 mm la 0,05 mm pe o distanță de cca. 1 km în zona centrală a lacului.

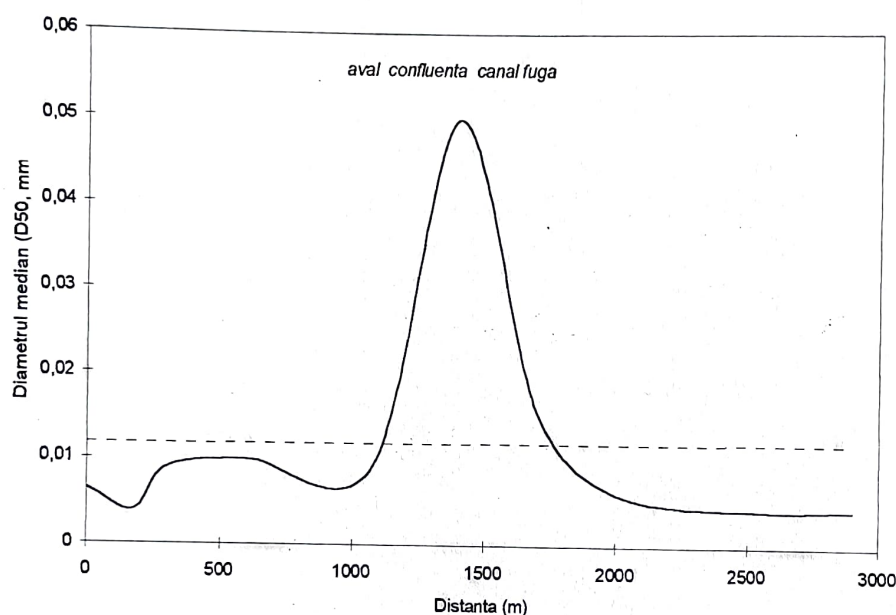


Fig. 9. Variația în profil longitudinal a diametrului median al sedimentelor din lacul Bâtca Doamnei – Downstream variation of the median diameter of the sediments from the Batca Doamnei Reservoir

Granulometria aluviunilor din lacul Reconstrucția

Prezintă o situație aparte, dată de dimensiunile sale reduse și de forma alungită pe șenalul Bistriței. În acest lac domină sedimente mai grosiere față de celelalte lacuri din amonte, datorită afluxului foarte important de aluviuni grosiere a pârâului Cuejdi. În zona de coadă a lacului D_{50} este în medie de 3,00 mm, după care scade spre baraj la 0,015 mm (fig. 10).

Granulometria aluviunilor din lacul Căndești

Analiza compoziției granulometrice a fost făcută pentru materialele aluvionare recoltate din cuveta lacului Căndești, albia râului Buzău amonte de lac și albiile râurilor Sărățel și Bălăneasa. Probele de sedimente provin din stratul de suprafață, cu excepția unui profil aval de podul Berca, unde recoltarea s-a realizat până la o adâncime de cca. 1 m.

Analizele granulometrice au fost efectuate și din probele de aluviuni recoltate la golirea lacului (29 probe). S-au analizat numai probele a căror cantități au depășit 50 gr sediment/l apă filtrată. Pe baza acestor date putem aprecia că atât Buzăul, cât și ceilalți afluenți care confluează în lac transportă pe lângă aluviunile fine și aluviuni grosiere, ca pietriș și bolovăniș. Astfel, râul

Bălăneasa prezintă în albia minoră, amonte 500 m de confluența cu lacul Căndești, un material al cărui diametrul median este 40 mm; bolovănișul (20 - 200 mm) deține 63% din proba totală. Râul Sărățel care a fost eșantionat în profil longitudinal, de la confluența cu lacul Căndești până la o distanță de 500 m amonte, prezintă în albia minoră un material al cărui D_{50} declină de la 8 mm la 0.078 mm pe distanța menționată; în patul albiei domină fracțiunea de pietriș și nisip. Pe acest sector, importante cantități de material sunt furnizate de abrupturile de pe malul stâng al pârâului. Buzăul, înainte de intrarea în lacul Căndești, prezintă în albia minoră un material alcătuit, în general, din nisip (60 - 70%) și pietriș (30 - 35%), cu diametre mediane de 0.5 - 5 mm. În privința sedimentelor analizate din arealul submers al lacului se remarcă o descreștere generală a diametrelor mediane în lungul lacului, de la valori de 0.6 - 0.15 mm în coada lacului, la valori de 0.0023 mm în secțiunea imediat amonte de baraj. Din măsurători s-a constatat că de o parte și de alta a șenalului care s-a instalat după golirea lacului, în probele recoltate domină clasa nisipurilor (67-76%).

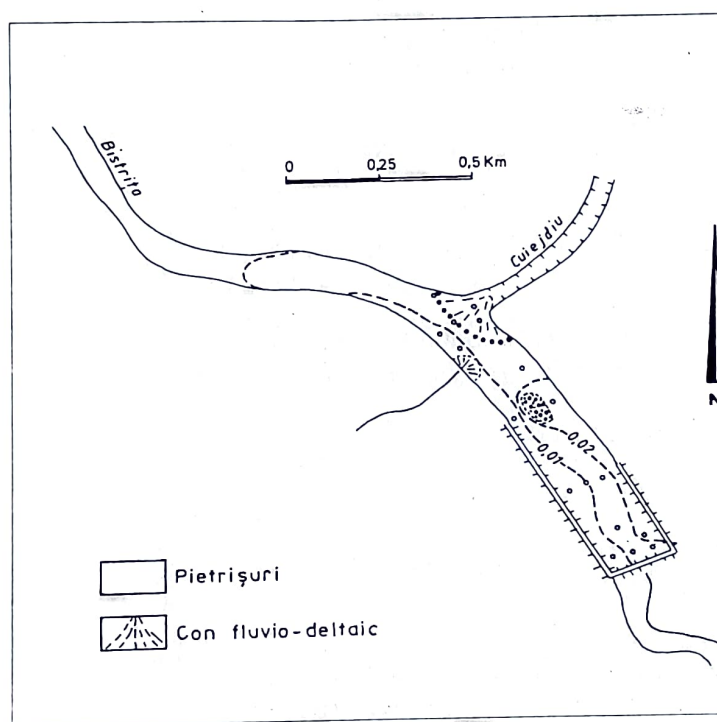


Fig. 10. Lacul Reconstrucția. Repartiția diametrului median al sedimentelor de suprafață.
– *Reconstructia Reservoir. Distribution of the median diameter of the sediments.*

În graficul de variație a diametrului median în lungul lacului (fig.11) este evidențiată o creștere bruscă a diametrelor la baraj. Între coada lacului și confluența cu pârâul Sărățel, are loc o creștere a diametrului median care ajunge la valoarea maximă de 0.83 mm; după golirea lacului s-a observat în această zonă o acumulare de tip ostrov, care a favorizat chiar dezvoltarea vegetației. În aval de confluențele Sărățel și Pâclele se evidențiază o diminuare a diametrului median până la 0.0088 mm, după care se constată o ușoară creștere a diametrelor spre baraj.

În ceea ce privește aluviunile recoltate în timpul golirii lacului, specificăm că operația s-a efectuat la debite de 1 mc/s și 22 mc/s. Recoltarea probelor a început în ziua de 13 august 1996 când, deja, nivelul lacului era în scădere și a continuat până în ziua de 14 august orele 7.45, la ultimele 14 probe, debitul scurs fiind cel natural de 4 mc/s. Variația turbidității și a materialului solid îndepărtat din lac în timpul acestei operații a fost reprezentată grafic în fig. 12, iar în fig. 13 a fost redată curba cumulativă a sedimentelor erodate din lac în timpul golirii și după golirea totală.

Din analiza acestor grafice rezultă clar creșterea turbidității apei scurse din lac pe măsură ce nivelul său a coborât (îndeosebi după ora 19), apoi se poate observa reducerea turbidității imediat după ridicarea stavilei, la fiecare din aceste operații. După golirea definitivă, debitul lichid a rămas constant, iar în privința aluviunilor îndepărtate din lac se observă o tendință generală de scădere a turbidității, respectiv, a cantității materialului îndepărtat.

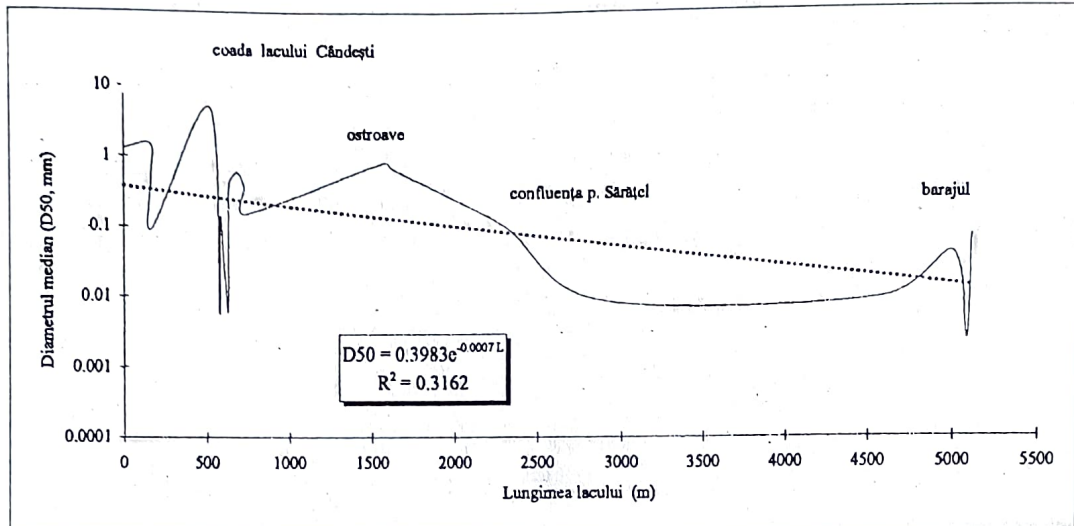


Fig. 11. Lacul Căndești. Variația longitudinală a diametrului longitudinal al sedimentelor de suprafață. – *Candesti Reservoir. The downstream variation of the median diameter of sediments.*

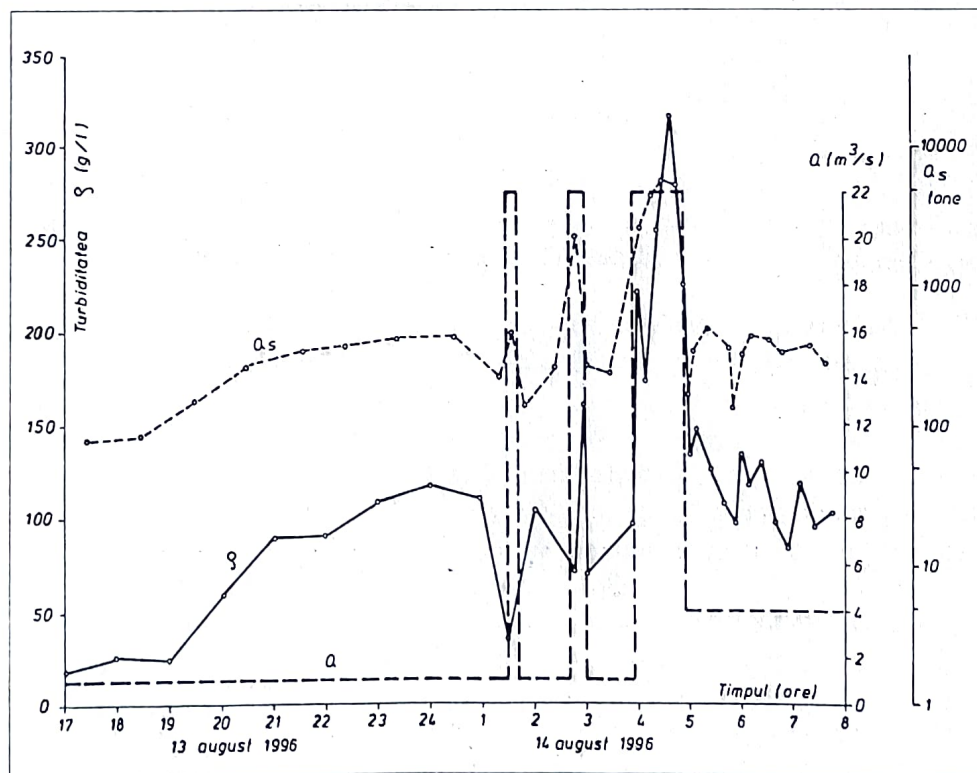


Fig. 12. Variația turbidității și a debitelor solide în timpul golirii lacului Căndești. – *Variation of turbidity and of suspended sediment during the emptying of the Candesti Reservoir.*

Din analiza granulometrică a sedimentelor erodate în timpul golirii lacului Căndești reținem următoarele (tabel 3):

- între orele 17 și 2.43 când s-a evacuat 1 mc/s apă, diametrele materialului erodat au fost cuprinse între 0.005 mm și 0.0098 mm, deci clasa granulometrică îndepărtată în cea mai mare proporție a fost praful (peste 50% din totalul aluviunilor în suspensie);

- la ora 2.58 s-a deschis stavila, debitul lichid a crescut la 22 mc/s, timp când diametrul median a înregistrat 0.02 mm;

- după 10 minute, stavila s-a închis, probele s-au recoltat din nou la vana de servitute, diametrele sedimentelor scăzând la 0.009 mm - 0.0085 mm;

- la ora 3.55 s-a deschis stavila, debitul lichid crește brusc la valori de 22 mc/s, iar diametrul median al sedimentelor ajunge la 0.065 mm după 30 minute de la deschiderea acesteia;

- la ora 4.55 lacul a fost golit, diametrele scăzând la 0.008 mm, odată cu diminuarea debitelor la 4 mc/s;

- fluctuațiile diametrului median între 0.0088 și 0.04 mm între orele 5.10 și 7.40 reflectă spălarea sedimentelor prin instalarea albiei râului Buzău în cuveta lacului. Acest proces a fost însoțit de intense eroziuni de maluri, surpări și prăbușiri ale malurilor slab consolidate.

Distribuția procentuală areală a claselor granulometrice pentru sedimentele spălate din lacul Căndești are următoarea configurație:

- nisipul reprezintă fracțiunea granulometrică dominantă în timpul spălării sedimentelor (valoarea maximă a fost de 67% la ora 4.40, când s-au turbinat 22 mc/s);

- la debite de 1 mc/s fracțiunea granulometrică dominantă este praf (cu maxime de 64%);

- la debite de 4 mc/s se observă o echilibrare a ponderii prafului și nisipului (de 30 - 40%);

- ponderea fracțiunii argiloase spălate este relativ constantă în tot timpul golirii (între 15 - 20 %).

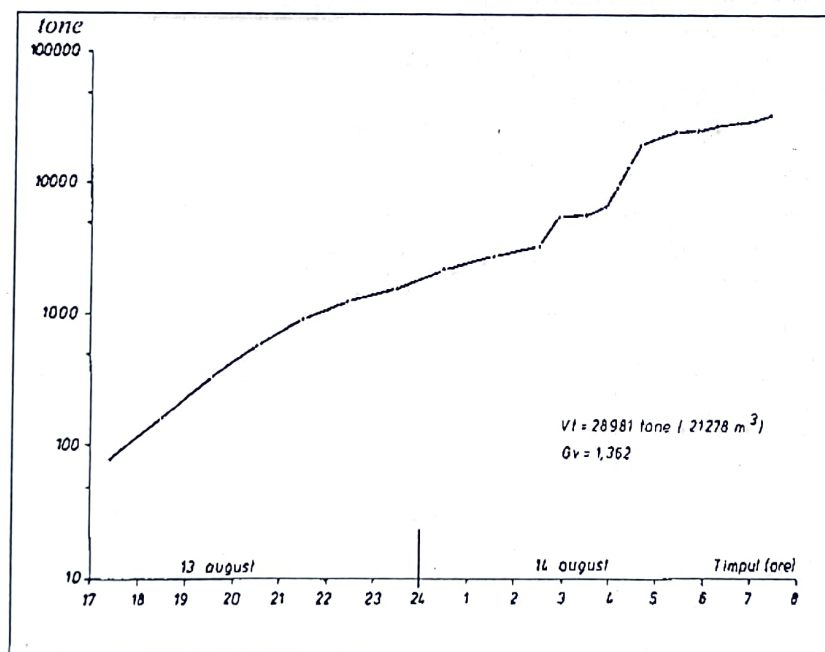


Fig. 13. Curba cumulativă a sedimentelor spălate în perioada de golire a lacului Căndești (august 1996).

- The cumulative curve of the washed sediments during of the emptying of the Candesti Reservoir (August 1996).

Tabel 3

Date centralizate cu probele recoltate la golirea lacului Căndești (13 - 17.08.1996).

- Centralised data with the samples collected during the emptying of the Candesti Reservoir.

Nr. probă	Ora recoltării	Debit lichid (Q, mc/s)	Turbiditate (g/l)	Cantități sedimente erodate (tone)	Cantități cumulate erodate (tone)
1	17	1	18,86		
2	18	1	25,41	79,70	79,7
3	19	1	23,34	87,86	167,6
4	20	1	59,53	149,17	316,7
5	21	1	87,89	265,37	582,1
6	22	1	89,27	318,91	901,0
7	23	1	107,98	355,07	1256,1
8	24	1	116,51	4404,09	1660,2
9	1	1	114,08	415,09	2075,3
10	1,3	22	32,60	205,33	2711,0
11	1,4	1	103,32	430,41	2841,4
12	2	22	71,78	130,44	3108,0
13	2,43	22	156,31	266,58	5366,3
14	2,58	1	69,77	2258,15	5374,5
15	3	22	90,33	8,37	5604,8
16	3,55	22	220,76	230,24	6631,4
17	4	22	174,10	1026,62	9237,5
18	4,1	22	254,75	2606,09	13489,6
19	4,25	22	316,79	4252,13	19148,0
20	4,4	22	226,40	5658,35	24525,6
21	4,55	4	134,07	5377,64	24686,5
22	5	4	147,304	160,89	25024,2
23	5,1	4	126,78	337,66	25517,5
24	5,25	4	104,49	493,36	25933,8
25	5,4	4	98,58	416,31	26299,4
26	5,55	4	134,503	365,55	26439,2
27	6	4	116,9	139,85	26740,9
28	6,1	4	131,36	301,68	27187,8
29	6,25	4	97,77	446,87	27600,2
30	6,4	4	84,36	412,44	27928,1
31	6,55	4	118,22	327,85	28292,7
32	7,1	4	96,96	364,67	28680,1
33	7,25	4	69,33	387,34	28979,1
34	7,4	4		299,30	

Concluzii

Privită în ansamblu, dispunerea granulometrică a sedimentelor în cascada de lacuri Pângarați, Vaduri, Bâta Doamnei, Reconstrucția și Căndești prezintă următoarele valori medii:

Lacul	D50 (mm)	Argilă (%)	Silt (%)	Nisip (%)	Pietriș (%)
Pângarați	0,640	8,20	43,70	44,80	4,24
Vaduri	0,570	9,14	50,40	31,00	9,50
Bâta Doamnei	0,013	20,72	52,42	26,11	0,74
Reconstrucția	0,190	11,23	48,64	35,00	5,11
Căndești	0,40	12,29	26,51	56,70	4,48

Se constată că lacurile mai mari, Pângarați, Vaduri și Bâta Doamnei rețin aproape în totalitate particulele grosiere, în schimb argila este tranzitată spre avale și o găsim în lacul Bâta Doamnei mult mai abundentă (până la 21%). O cifră însemnată este dată și pentru lacul Reconstrucția (11,23%), deși afluxul pâraului Cuejdi "ascunde" efectul transportului selectiv al sedimentelor. În schimb, lacurile din amonte nu rețin argila decât în procente minore.

În ce privește siltul, acesta are o pondere aproape constantă în lungul cascadei de lacuri, dar este clasa dominantă în ponderea sedimentelor (45 - 50%). Cea de a doua clasă ca pondere în dispunerea granulometrică este a nisipului, care scade de la 45% la Pângarați, la 26% la Bâta Doamnei și 35% la Reconstrucția. La capătul grosier al compoziției granulometrice se află pietrișul, care are ponderi însemnate în primele două lacuri, dovadă capacitatea lor de reținere a debitului târât, dar și datorită prezenței unor tributari foarte viguroși în furnizarea acestui tip de aluviuni (pârâiele Oanțu, Pângarați, Pângărăcior).

În cazul lacului Căndeți, nisipul este clasa granulometrică dominantă (56,70 %), urmată de cea a siltului (26,51 %) fapt influențat zona de amplasare și de aportul principalilor afluenți.

BIBLIOGRAFIE

- Apopei, V. (1986), *Particularități ale colmatării lacurilor de baraj din Valea Bistriței* (Sect. Straja-Bacău). Lucrările Primului Simpoz. P.E.A. (5-6.XI.1986), Piatra Neamț.
- Ciaglic, V., Vornicu, P., Ștefan, A., Rudnic, L., Micu, I. (1973), *Contribuții la cunoașterea fenomenului de colmatare a lacului de acumulare Pângărați*, *Hidrobiologia*, t.14, București.
- Donisă, I., Hârjoaba, I. (1959), *Observații geomorfologice asupra Văii Bistriței între Bicaz și Piatra Neamț*, *Anal.st.Univ.* "Al. I. Cuza" Iași, Secț. a II-a, a V-a.
- Ichim, I., Rădoane, N., Rădoane, Maria (1979), *Elemente geomorfologice în evaluarea eroziunii și acumulării în bazinele torrențiale amenajate în Valea Bistriței*. *Bul.Inf.ASAS* nr.8, București.
- Ichim, I., Rădoane, Maria (1986), *Efectele barajelor în dinamica reliefului*. *Abordare geomorfologica*. Editura Academiei București.
- Ichim, I., Rădoane, Maria, Ursu, C., Dumitrescu, Gh. (1986), *Model de regresie multiplă progresivă pentru evaluarea producției de aluviuni în bazine hidrografice mici*. *Hidrotehnica*, 31, 10, București.
- Rădoane, Maria, Ichim, I., Florea, E., Rădoane, N. (1979), *Influența barajului Izvorul Muntelui asupra morfologiei albiei râului Bistrița în bieful aval*. *Lucr. Stat. "Stejarul"*, Geol.-Geogr.
- Rădoane, N. (1986), *Observații asupra morfodinamicii albiei râului Bistrița în sectorul lacului Pângărați (perioada de golire, 1977)*. *An. Muz. de St. Nat. Piatra Neamț*, S. Geol.-Geogr. V(1980-1982), Piatra Neamț.
- Rădoane, N. (1987), *Studiul proceselor geomorfologice actuale și microrelieful creat de ele din bazinele râurilor Pângărați și Oanțu din Carpații Orientali*. Teza de doctorat, Univ. "Al. I. Cuza" Iași.
- Rădoane, N. (1988), *Unele considerații privind aportul râurilor Pângărați și Oanțu la colmatarea lacului Pângărați*. *Lucr. Simpoz. PEA*, nr.2, Piatra Neamț.
- Rădoane, Maria, Ichim, I., Rădoane, N., (1992), *Semnificația morfogenetică a faciesului de albie minoră a râurilor Siret și Buzău*. *Lucr. celui de al IV-lea simpoz.*, "Proveniența și efluența aluviunilor", Piatra Neamț.
- Roșca, Diana, Breier, Adriana, Teodor, S.M. (1980), *Probleme legate de colmatarea lacurilor de acumulare construite în zona de dealuri în România*. *Hidrotehnica*, 25, 11, București.