

IDENTIFICAREA ZONELOR DE EROZIUNE DE PE CURSUL DUNĂRII PE BAZA PARAMETRILOR GRANULOMETRICI ȘI A PARAMETRILOR HIDROLOGICI

Gicu OPREANU¹

¹*Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare pentru Geologie și Geoecologie Marină - GeoEcoMar, sucursala Constanța, Bdv. Mamaia 304, Constanța, România, gicuopreanu@yahoo.com*

Abstract.

This paper aims to spot areas along the Danube where erosion is predominant. It starts with an analysis of previous evaluations of riverbed changes in time, suggesting methods of investigation based on interpreting textural and hydrologic parameters. Making use of grain size analysis performed on 140 sediment samples from the Danube riverbed, the skewness/kurtosis diagram is applied identifying the main points in which erosion or deposition are predominant. Given the lack of data, the method of identifying points where erosion is predominant on the basis of the sediment transport capacity/suspension concentration ratio is only applied for demonstration purposes.

Cuvinte cheie: capacitatea de transport, concentrația suspensiilor, skewness, kurtosis

1. INTRODUCERE

Unul dintre cele mai grave efecte ale construcției barajelor transversale pe Dunăre, cât și pe afluenții acesteia este eroziunea albiei. Efectul negativ al blocării sedimentelor în baraje este accentuat de exploatarea exagerată a nisipului din patul albiei, folosit ca material de construcție. Cu toate că numeroase lucrări s-au ocupat de studiul morfologiei albiei Dunării, puține dintre ele au făcut o abordare sedimentologică a eroziunii. Această lucrare încearcă să facă o identificare a zonelor erozionale sau depoziționale de pe cursul Dunării pe baza interpretării datelor rezultate din analiza granulometrică și a parametrilor curgerii.

2. CUNOȘTIINȚE ANTERIOARE

Până în prezent identificarea punctelor de pe cursul Dunării în care predomină eroziunea s-a realizat prin compararea profilelor batimetrice realizate la intervale mari de timp. Din analiza profilelor morfologice transversale realizate la interval de 10 ani (Fig.1, Fig. 2) nu se pot trage concluzii foarte clare privind tendințele de modificare ale morfologiei albiei pentru că, peste procesele de eroziune sau depunere se suprapun procesele de evoluție a meandrelor de formare și deplasare a unduțașilor de curent, sau de dragare a albiei.

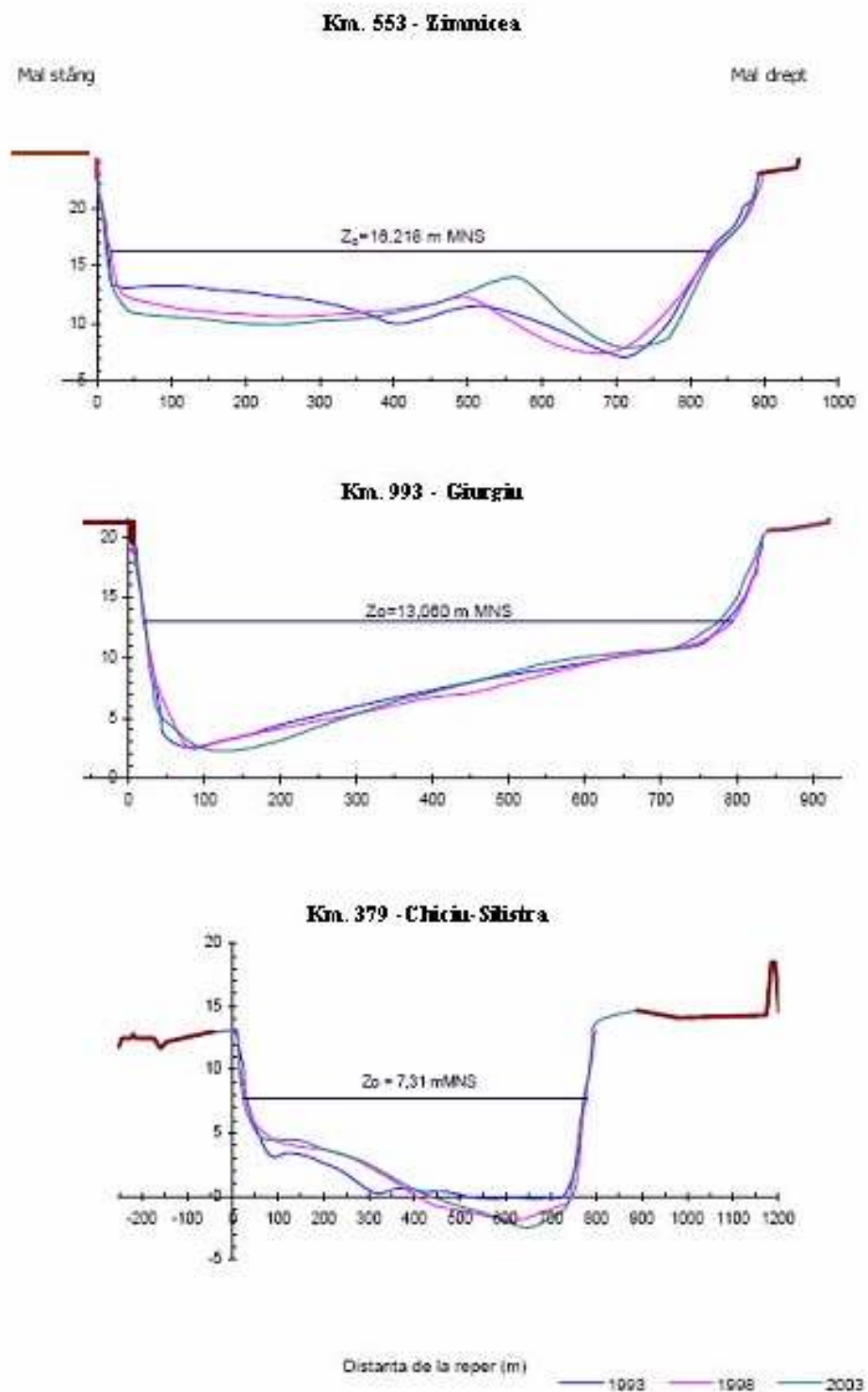


Fig. 1 Profile morfologice comparative la Zimnicea, Giurgiu și Chiciu - Silistra (măsurători realizate de INHGA)

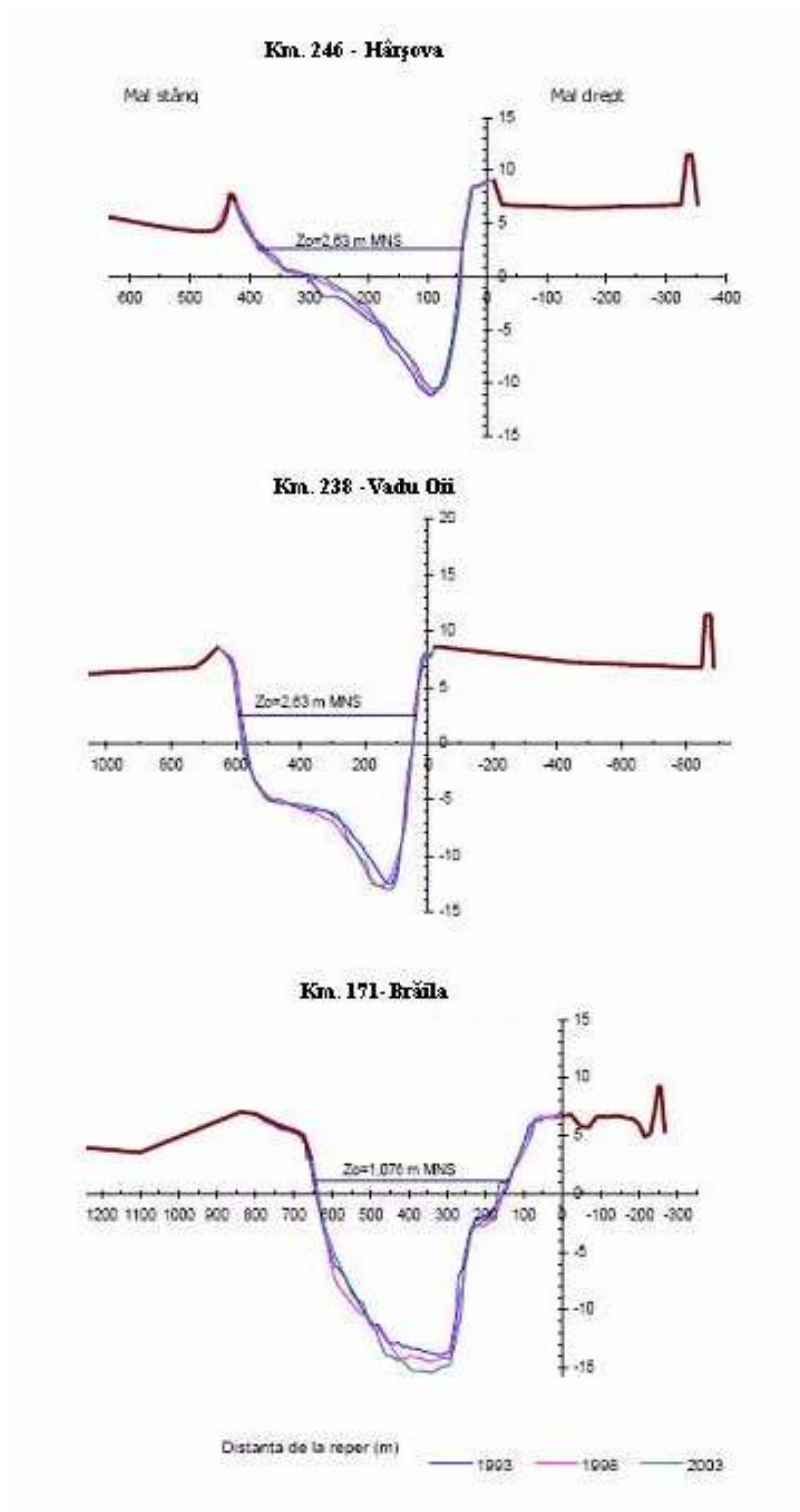


Fig. 2 Profile morfologice comparative realizate la Hârșova Vadu Oii și Brăila (măsurători realizate de INHGA)

Eroziunea albiei este mai vizibilă în sectoarele cu albie îngustă (Brăila și Vadu Oii). Din analiza unui profil longitudinal comparativ realizat în axul albiei la un interval de 20 ani (Fig. 3) rezultă că pe cea mai mare parte a cursului Dunării din aval de Porțile de Fier 2, exceptând sectorul din amonte și aval de confluența cu râul Argeș, albia s-a adâncit cu 1-2 metri. Pe o mare parte a cursului Dunării din aval de localitatea Brăila-Km. 170, dragarea frecventă a albiei pentru întreținerea canalului navigabil, face dificilă utilizarea profilelor morfologice comparative. Reducerea valorilor debitului solid al Dunării după construcția barajelor Porțile de Fier 1 și Porțile de Fier 2, așa cum se vede din analiza datelor statistice (Fig. 4), este o altă dovadă a accentuării eroziunii albiei din ultimele decenii.

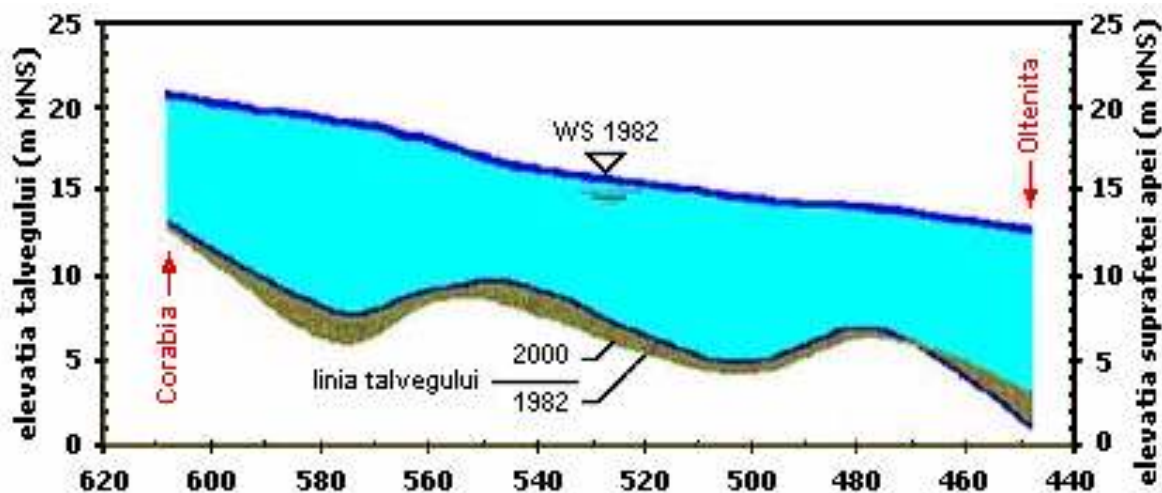


Fig. 3 Profil morfologic pe cursul Dunării între Km. 605 și Km. 450 cu liniile talvegului în anul 2000 comparativ cu anul 1982 (după Batuca, 2004)

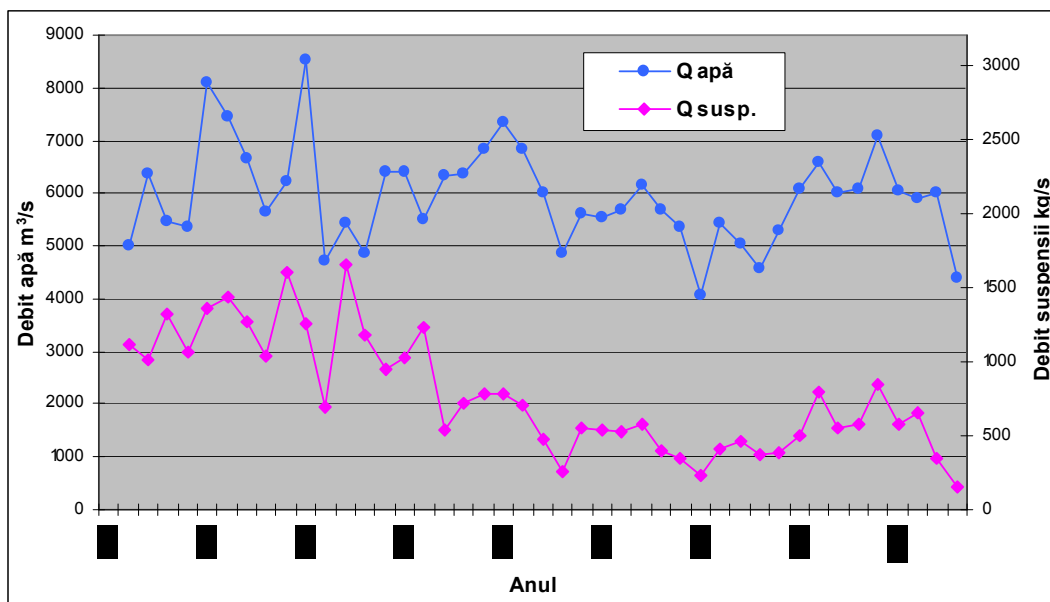


Fig. 4 Variația valorilor medii anuale ale debitului apei și debitului solid în intervalul de timp 1960-2003, la Km. 553+200-Zimnicea (date statistice -măsurători realizate de INHGA)

3. METODA DE LUCRU

În lucrările anterioare care s-au ocupat de studiul sedimentelor din albia cursurilor de apă și de dinamica lor există două modalități prin care pot fi identificate punctele în care predomină eroziunea sau depunerea pe baza interpretării parametrilor granulometrici: aplicarea diagramei asimetrie / kurtosis și analiza raportului concentrația suspensiilor / capacitatea de transport a sedimentelor.

Prima modalitate a fost utilizată de Barndorff-Nielsen și Christiansen (1988) care au propus o diagramă binară (Fig. 5) pentru identificarea zonelor supuse eroziunii bazată pe domeniul de variație al parametrilor skewness și kurtosis, care are formă triunghiulară. Punctele proiectate pe baza valorilor skewness și kurtosis reprezentând sedimente din diferite locații sunt dispuse în jumătatea dreaptă a triunghiului în cazul unor zone supuse eroziunii, iar în cazul depunerii în jumătatea stângă. Modelul a fost argumentat statistic prin utilizarea valorilor parametrilor granulometrici ai sedimentelor dintr-o mare varietate de ambianțe sedimentare de la eoliană la aluvială sau litorală pentru care procesele de depunere sau eroziune au fost dovedite. Autorii acestui model, acceptând posibilitatea existenței unor erori, propun ca în locul bisectoarei care împarte în două câmpul triunghiular al diagramei, să fie utilizată o curbă trasată empiric pentru separarea probelor de sediment din ambianțe în care predomină depunerea sau eroziunea.

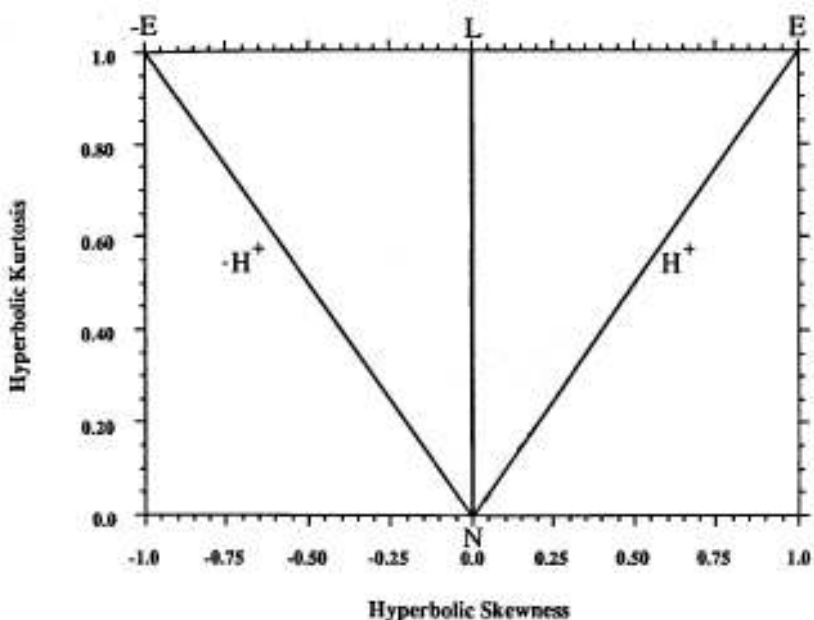


Fig. 5 Diagrama originală reprezentând domeniul triunghiular de variație al valorilor Skewness și Kurtosis. Punctele N, E, -E, reprezintă limitele posibile ale distribuției după Barndorff-Nielsen, Christiansen, 1988)

În diagrama pe care am aplicat-o (Fig.6), am păstrat bisectoarea din diagrama originală. Valorile asimetriei și kurtosis-ului sunt calculate pe baza analizelor granulometrice ale unui număr de peste 140 probe de sediment colectate în anul 2005 din albia Dunării începând de la Km. 1072 Baziaș și până la vărsarea brațelor în mare. Înainte de proiectare pe diagramă am făcut o separare a probelor în mai multe categorii după zona din care au fost colectate:

- axul albiei din amonte de lacul de acumulare Porțile de Fier 1 (Cursul superior);
- axul albiei de la Porțile de Fier 2 până în apexul deltei (Cursul mediu);
- axul albiei (brațelor) din Delta Dunării;

- puncte cu adâncimi reduse ale apei din apropierea malurilor, exclusiv lacurile de acumulare;
- lacurile de acumulare.

Cea de-a II-a metodă de identificare a punctelor în care predomină eroziunea sau depunerea este bazată pe calculul capacității de transport a sedimentelor. În câteva studii privind transportul fluvial al sedimentelor (Dou, 1974; Milhous, 2003) s-a arătat că dacă valoarea concentrației în suspensii este mai mică decât valoarea capacității de transport a suspensiilor atunci se produce eroziunea. Conceptul are la bază supoziția că dacă masele de apă nu sunt saturate în aluviuni (suspensii), acestea pot antrena particule din patul albiei. Conform acestui concept depunerea se realizează la reducerea vitezei apei, condiție în care capacitatea de transport a suspensiilor este inferioară concentrației suspensiilor.

Având la dispoziție valorile concentrației suspensiilor determinate in situ, în cazul Dunării singura dificultate o reprezintă calculul capacității de transport a sedimentelor. Pentru estimarea capacității de transport exprimată în aceleași unități de măsură ca și concentrația în suspensii (g/m^3) am utilizat formula lui Dou, G.R., 1974 (termenul original - STC Sediment Transport Capacity).

$$\text{STC} = f_0 \cdot U^3 / gH \omega$$

în care U = viteza medie, H = adâncimea curgerii, ω = viteza de sedimentare, f_0 = coeficient calculat prin formula:

$$f_0 = K_s / C_0^2 \cdot \gamma \gamma_s / (\gamma_s - \gamma)$$

în care: K_s = constant (0.034), C_0 = coeficient adimensional $C_0 = C/(\text{g})^{0.5}$
 C = coeficientul Chezy, γ și γ_s = gr. specifică a apei și particulelor solide.

Pentru calculul vitezei de sedimentare a particulelor ω am utilizat formula lui Cheng (1997):

$$\omega = u \sqrt{25 + 1.2D^2 - 5}^{1.5} / D$$

în care D = coeficient adimensional calculat după formula:

$$D = (\Delta g / u^2)^{1/3} D$$

unde $\Delta g = (\gamma_s - \gamma) / \gamma$, u = vâscozitatea cinematică D = diametrul mediu al particulelor.

În formula STC, granulometria este un parametru important fiind exprimată în termenii diametrul mediu al particulelor din patul albiei și vitezei de sedimentare a particulelor. Alături de dimensiunea particulelor din sedimentele din patul albiei, în formula STC mai sunt utilizate valorile pantei (care intră în calculul coeficientului Chezy) și vitezei apei. Avînd în vedere faptul că în formula STC o parte din parametri (viteza medie, diametrul median) variază în funcție de adâncime, un calcul foarte riguros ar trebui făcut pentru mai multe puncte ale aceluiași profil. O altă problemă în aplicarea acestei metode o reprezintă dificultatea comparării STC cu concentrația în suspensii, ambele fiind variabile în timp. Din lipsa datelor calculul s-a făcut numai pentru punctele din axul albiei și este valabil numai pentru data colectării probelor și realizării măsurătorilor hidrologice (campania martie-aprilie 2005).

4. ANALIZA ȘI INTERPRETAREA DATELOR

Pe diagrama asimetrie/kurtosis (Fig. 6), majoritatea punctelor reprezentând probele colectate din axul albiei dintre Porțile de Fier 2 și apexul deltei și din amonte de lacul Porțile de Fier 1 se proiectează în jumătatea dreaptă a triunghiului indicând predominanța eroziunii sedimentelor. Câteva puncte din axul albiei de la Km. 247 Hîrșova și Km. 428 aval de Râul Argeș în care din analiza profilelor batimetrice rezultă o ușoară reducere a adâncimii albiei confirmă predominanța depunerii sedimentelor. Se mai proiectează în semicâmpul „depunere”, probele din axul albiei de la Km. 239 Vadu Oii pentru care profilele batimetrice arată o ușoară eroziune și Mila 78 pentru care nu pot fi utilizate profilele batimetrice, sectorul denumit și Dunărea maritimă (Brăila-B.Sulina), fiind frecvent dragat. Punctele reprezentând probele de sediment din lacul de acumulare Porțile de Fier 1 în care fenomenul de depunere este dovedit prin rata de sedimentare (Panin et al. 1995) și din ultima parte a lacului Porțile de Fier 2 se proiectează în câmpul „depunere”, (în apropierea limitei eroziune depunere - NL pe diagrama originală). Există câteva puncte din profilul Km. 878 la 14 Km amonte de barajul Porțile de Fier 2 care se proiectează în jumătatea dreaptă a diagramei semnificând eroziunea. Circulația și depunerea sedimentelor din lacul Porțile de Fier 2 este diferită de lacul Porțile de Fier 1 pentru că cea mai mare parte a aluviunilor sunt blocate de barajul Porțile de Fier 1. (Opreanu et al., 2007). Este necesară mențiunea că autorii au conceput modelul pentru situația în care eroziunea sau depunerea modifică distribuția granulometrică a unor sedimente existente prin introducerea sau extragerea unor particule. În cazul lacurilor de acumulare se realizează o depunere uniformă cel puțin în apropierea barajelor și mai puțin suprapunerea unor particule fine peste sedimente mai grosiere. În Delta Dunării modelul nu poate fi aplicat la locațiile de la Ceatal Izmail (Mila 43.5, Mila 42, Km. 115 brațul Chilia) și Mila 33.5, pentru că în axul albiei frecvent sedimentele fluviale au fost înlăturate și este prezentă argila tare și cantități foarte reduse de nisip (Opreanu, 2008). Aplicarea diagramei în aceste cazuri indică în mod eronat fenomenul de depunere pentru că argila tare în care este săpată albia are frecvent asimetrie pozitivă. Locațiile din axul albiei din profilele dinainte de vărsarea în mare ale fiecărui braț (Km. 3 br. Chilia și br. Musura, Hm. 72 br. Sulina și Km. 1.3 br. Sf. Gheorghe) sunt proiectate în jumătatea stângă a diagramei indicând depunerea. În unele din aceste puncte, fenomenele de depunere sunt confirmate de dragările albiei (Hm 72 brațul Sulina canalul este frecvent dragat). Pentru câteva puncte din Delta Dunării: Mila 34 br. Tulcea, Km. 108 brațul Sf. Gheorghe, Km 43 și Km 20 br. Chilia, valorile apropiate de zero ale asimetriei indică o menținere a adâncimii albiei care nu poate fi verificată prin alte metode. Conform diagramei probele colectate pe întreg cursul în părțile laterale ale albiei, la care adâncimea este variabilă, pot fi încadrate în zone de eroziune sau de depunere.

În funcție de raportul dintre valorile capacității de transport STC și valorile concentrației în suspensii (Fig. 7) se pot identifica, conform modelului, sectoarele în care predomină procesele de eroziune sau depunere. Din grafic rezultă că pe cea mai mare parte a cursului Dunării capacitatea de transport a curentului este net superioară concentrației în suspensii, ceea ce dovedește eroziunea. Raportul dintre STC și concentrația suspensiilor indică clar eroziunea în zonele de pe cursul Dunării din aval de barajul Porțile de Fier 2 pentru care profilele batimetrice comparative și diagrama anterioară asimetrie-kurtosis au indicat eroziunea. Astfel valorile STC sunt cuprinse între 175 și 350 g/m³, în timp ce valorile concentrației în suspensii se înscriu în intervalul 60-190 g/m³. Graficul a fost realizat numai pe brațul Chilia datorită numărului mai mare de profile pe acest braț. În majoritatea punctelor din axul albiei de pe parcursul deltei, diferențele dintre STC și concentrația suspensiilor sunt prea mici pentru a fi luate în considerație.

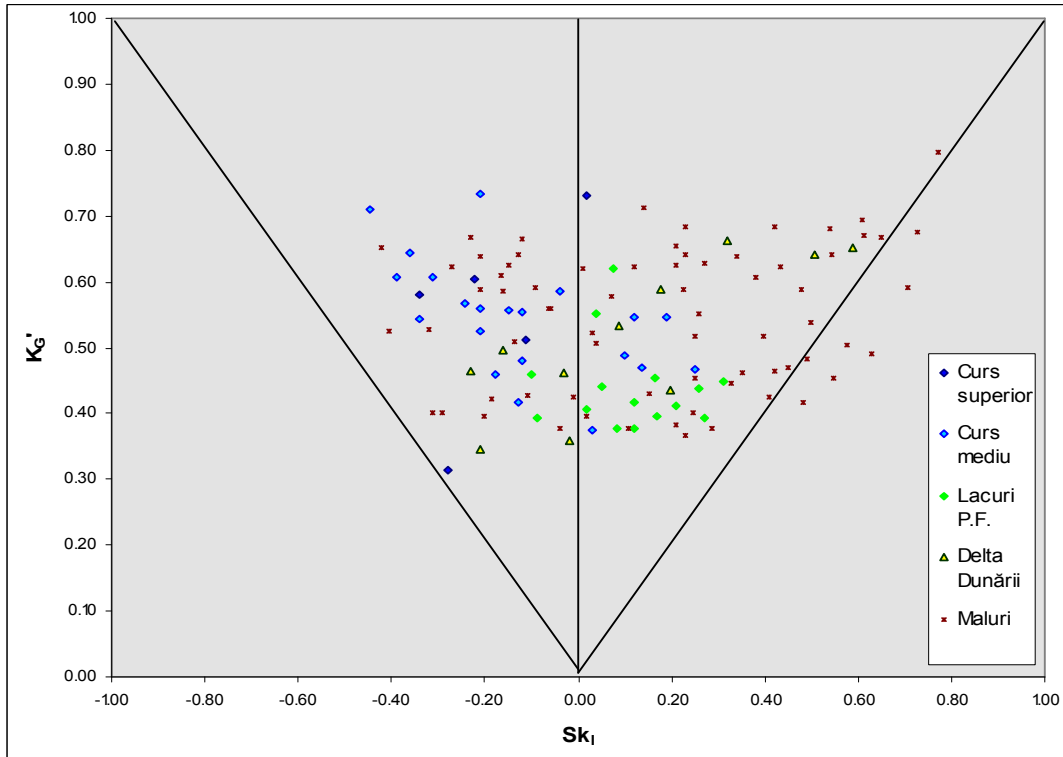


Fig. 6 Diagrama Kurtosis-Skewness cu punctele de proiecție reprezentând sedimentele de pe cursul Dunării

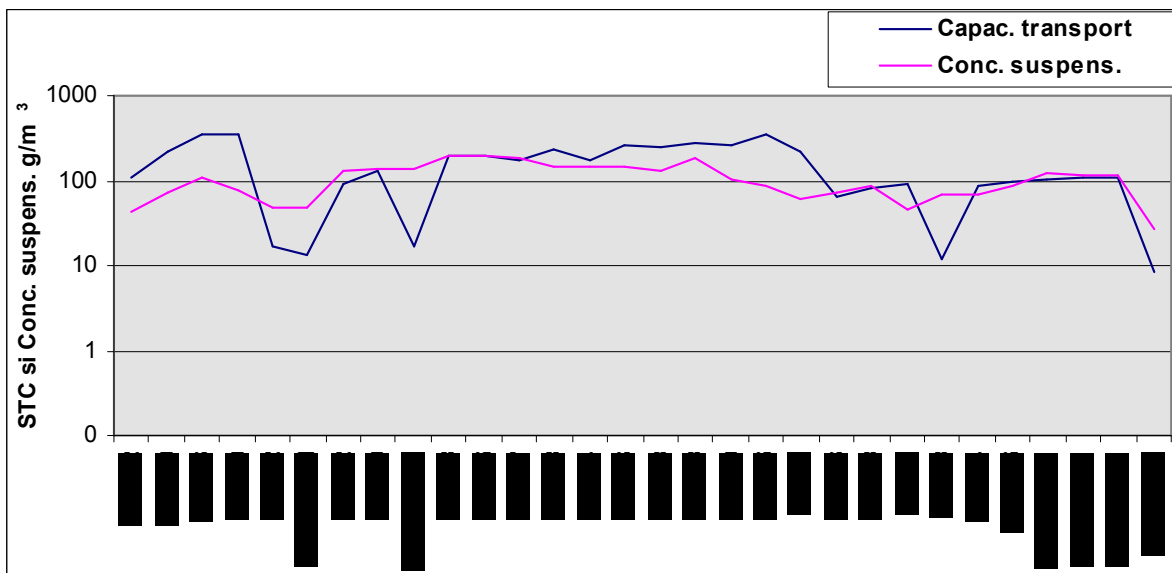


Fig. 7 Distribuția valorilor capacității de transport a sedimentelor în paralel cu concentrația suspensiilor calculate în punctele de la adâncime maximă de pe cursul Dunării în campania de primăvară 2005.

Puținele locații pe care modelul le consideră aparținând unor zone de depunere sunt caracterizate prin diferențe foarte mici între cei doi parametri. Pentru punctele în care

este indicată eroziunea, numărul relativ mare de locații și concordanța cu celelalte metode pot demonstra valabilitatea modelului și aplicabilitatea lui. Pentru un calcul temeinic sunt necesare date rezultate din măsurători realizate la intervale de timp cât mai scurte.

CONCLUZII

Cu toate că amplificarea eroziunii albiei Dunării este dovedită, datorită complexității dinamicii mediului fluvial este foarte dificilă separarea zonelor în care predomină eroziunea de cele în care predomină depunerea. Profilele batimetrice transversale comparative, fără a acoperi toată lungimea cursului, au adus informații privind modificările morfologice ale albiei în timp. Pentru zone limitate, aceste studii au stabilit predominanța proceselor de eroziune sau depunere. Interpretarea rezultatelor granulometrice care sunt mai ușor de realizat decât măsurătorile batimetrice repetate la intervale mari de timp, confirmă predominanța proceselor de eroziune în special în axul albiei în aval de Porțile de Fier 2.

Rezultatele asemănătoare ale celor trei metode, analiza profilelor morfologice, diagrama asimetrie/kurtosis și analiza raportului STC/concentrația suspensiilor, confirmă valabilitatea fiecăreia dintre ele. Rezultatele ambigui obținute într-un mare număr de locații nu infirmă valabilitatea celor trei metode, ci posibilitatea ca în același punct să alterneze eroziunea cu depunerea în funcție de fluctuațiile parametrilor hidrologici. Trebuie menționat faptul că metoda STC/concentrația suspensiilor care a fost utilizată demonstrativ nu poate fi considerată un argument foarte solid în lipsa unor măsurători detaliate dar poate constitui punctul de plecare pentru un viitor studiu mai complex.

BIBLIOGRAFIE

- Barndorf-Nielsen O.E., Christiansen C., 1988 - Erosion and size distribution of sand. Proc. R. Soc. Lond. A 417, p: 335-352
- Batuca D, Water flow and sediment transport in the Lower Danube River. 3-rd Sed-Net Conference Venice 2004
- Cheng N.S., 1997 - A simplified settling velocity formula for sediment - Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 123(2), p:149-152
- Dou G.R., 1974 - Similarity theory and its application to design of total sediment transport model - Research Bulletin of Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing, China 14. p: 127-139.
- Milhous R.T., 2003 - Preliminary analysis of sediment transport capacity in the Colorado Plateau, Hydrology Days, p: 117-128
- Opreanu G., 2008, Caracterizarea granulometrică mineralogică geochimică și dinamică a încărcăturii sedimentare a fluviului Dunărea-Teza de doctorat-Facultatea de Geologie și Geofizică - Universitatea București, p: 157.
- Opreanu G., Oaie G., Păun F. 2007 - The dynamic significance of the grain size of sediments transported and deposited by the Danube. Geo-Eco-Marina 13, p: 111-119
- Panin N., Oaie G., Secieru D., Szobotka Șt., Fulga C., Craiu C., Stănică A., Rădan S., Mihăilă E., Danube research programme, European River-Ocean System -Project (EROS 2000) Rapoarte: 1995-1996

