

**MORFOLOGIA ȘI MORFOGENEZA
GURII DE VĂRSARE SFÂNTU GHEORGHE
(DELTA DUNĂRII)**

IONUȚ OVEJANU

**MORFOLOGIA ȘI MORFOGENEZA
GURII DE VĂRSARE SFÂNTU GHEORGHE
(DELTA DUNĂRII)**



EDITURA UNIVERSITARĂ
București, 2012

Redactor: Gheorghe Iovan
Tehnoredactor: Ameluța Vișan
Coperta: Angelica Mălăescu

Editură recunoscută de Consiliul Național al Cercetării Științifice (C.N.C.S.)

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

OVEJANU, IONUȚ

Morfologia și morfogeneza gurii de vărsare Sfântu Gheorghe (Delta Dunării) / Ovejanu Ionuț. - București : Editura Universitară, 2012

Bibliogr.

ISBN 978-606-591-522-0

551.4(498)(282.243.76)

DOI: (Digital Object Identifier): 10.5682/9786065915220

© Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate, nicio parte din această lucrare nu poate fi copiată fără acordul Editurii Universitare

Copyright © 2012
Editura Universitară
Director: Vasile Muscalu
B-dul. N. Bălcescu nr. 27-33, Sector 1, București
Tel.: 021 – 315.32.47 / 319.67.27
www.editurauniversitara.ro
e-mail: redactia@editurauniversitara.ro

Distribuție: tel.: 021-315.32.47 / 319.67.27 / 0744 EDITOR / 07217 CARTE
comenzi@editurauniversitara.ro
O.P. 15, C.P. 35, București
www.editurauniversitara.ro

CUPRINS

Muțumiri	Pag. 7
Introducere	Pag. 9
CAPITOLUL 1	
1.1 Premisele teoretice	Pag. 11
1.2 Geneza Deltei Dunării	Pag. 15
1.3 Factorii care influențează evoluția gurii de vărsare	Pag. 19
1.4 Așezarea	Pag. 33
1.5 Tehnica de lucru	Pag. 34
CAPITOLUL 2	
2.1 Evoluția gurii de vărsare Sfântu Gheorghe în documente cartografice	Pag. 37
2.2 Evoluția modernă a gurii de vărsare Sfântu Gheorghe (din 1856-prezent)	Pag. 43
CAPITOLUL 3	
<i>Analiza pe componente a gurii de vărsare Sfântu Gheorghe</i>	Pag. 50
3.1 Cap Buival	Pag. 50
3.2 Insula Sacalin	Pag. 55
3.3 Cap Roch	Pag. 61
3.4 Evoluția penei de sedimente de suprafața la debite mari	Pag. 64
3.5 Analiza gurii de vărsare pe baza modelelor numerice batimetrice	Pag. 77
CAPITOLUL 4	
4.1 Gura de vărsare Sfântu Gheorghe, integrare Web	Pag. 92
4.2 Elemente componente	Pag. 92
4.3 Introducerea datelor	Pag. 93
4.4 Construirea interfeței de vizualizare	Pag. 95
4.5 Rezultatul obținut	Pag. 98
CONCLUZII	Pag. 101
BIBLIOGRAFIE	Pag. 103
LISTA FIGURILOR	Pag. 106
LISTA FOTOGRAFIILOR	Pag. 109
LISTA ANEXELOR	Pag. 109
ANEXE	Pag. 111

MULȚUMIRI

Doresc să adresez mulțumirile sincere tuturor celor care au contribuit, indirect sau direct, la desăvârșirea acestui demers științific și m-au susținut, prin sugestiile oferite, la finalizarea lui.

În aduc mulțumiri profesorului Emil Vespremeanu, conducătorul tezei mele de doctorat pentru sprijinul acordat pe tot parcursul activității mele științifice. În același timp apreciez eforturile depuse pentru înființarea Stațiunii de Cercetări Marine și Fluviale Sfântu Gheorghe, fără de care nu puteam duce la bun sfârșit acest demers științific.

Mulțumesc prietenului meu, Ștefan Constantinescu, care cu răbdare, generozitate, exigență și profesionalism m-a încurajat permanent iar sugestiile venite din partea lui mi-au fost de unde real folos în elaborarea tezei și în cariera profesională.

De asemenea țin să le mulțumesc domnilor Liviu Giosan, Florin Filip, Alfred Vespremeanu-Stroe, Florin Tatui și domnișoarei Preoteasa Luminița, pentru exactitatea sugestiilor și puterea de sinteză ce au manifestat-o de-a lungul articolelor scrise împreună.

Doresc să exprim recunoștință și mulțumire soției mele, Dana și fiicei mele, Andreea, pentru liniștea, înțelegerea și susținerea pe care mi-au oferit-o pe tot parcursul acestor ani.

În cele din urmă doresc să mulțumesc Facultății de Geografie și Universității din București, prin reprezentanții săi de-a lungul acestor ani, pentru înțelegerea și suportul material oferit finalizării acestui demers științific.

INTRODUCERE

Deltete se formează acolo unde râurile depun o cantitate suficientă de sedimente pentru o avansare a coastei (*Bird, 2008*). Totodată, aceste spații costiere sunt populate încă din antichitate, funcționând permanent ca arii de locuire. Stabilitatea de durată a zonelor deltaice intens populate este mult mai afectată de lucrările ingineresti decât de oscilațiile de nivel ale mării asociate cu încălzirea globală (*Syvitski, 2008*). În România anului 2000 doar 6,3% din populația țării este concentrată în zona costieră, pe o distanță de 100km față de linia apei, aproximativ 1418000 locuitori (*Encyclopedia of Coastal Science, 2005*).

Intervențiile antropice petrecute în deceniile șapte și opt din secolul trecut au dus la schimbări majore în regimul sedimentelor ajunse la gurile de vărsare ale râurilor. Apariția barajelor din bazinul Dunării, dintre care cele mai importante sunt Porțile de Fier I și II, au diminuat simțitor aportul sedimentar deltaic.

O serie de alte cauze au amplificat major starea naturală a sistemului deltaic: tăieri de canale pentru exploatarea stufului, dragări și rectificări ale brațelor principale.

Gura de vărsare a brațului Sfântu Gheorghe este una dintre cele mai mari sisteme fluviale europene, care a rămas lipsită de control la interfața râu/mare. Absența unor diguri, jetiuri sau alte tipuri de lucrări ingineresti la gura de vărsare, a permis studierea proceselor de interfață într-un regim natural. Avem speranța că analiza noastră va fi edificatoare în susținerea afirmațiilor de mai sus.

Scopul principal al acestei lucrări este de a investiga caracteristicile morfologice la gura de vărsare a brațului Sfântu Gheorghe cauzate de Marea Neagră și de factorii fluviali, folosind tehnologii noi, modalități de vizualizare interactiva web-based, tehnici SIG și de teledetecție, analize batimetrice și hidrologice.

Înțelegerea mecanismelor care reglează pe termen scurt-mediu (scara de timp de decenii / secole) morfologia gurii de vărsare Sfântu Gheorghe, constituie principalul deziderat al lucrării de față.

CAPITOLUL 1

1.1. Premise teoretice

Înainte de a începe orice discuție este bine să cunoaștem sistemele generale de clasificare a deltelor, modele de dezvoltare a acestora pe termen mediu și pe termen lung, scara de timp de peste 1000 de ani, precum și procesele de transport de sedimente din jurul gurilor de vărsare. Litera „delta” a alfabetului grecesc a fost utilizată de către Herodot (485-425 î.Hr.), pentru a descrie forma particulară apărută la vărsarea Nilului. Delta unui fluviu rezultă din interacțiunea sedimentelor fluviale și apele marine, dispersia lor de către valuri și marea.

Aceste modele conceptuale au fost dezvoltate începând cu anii '70 (*Wright și Coleman, 1973; Galloway, 1975; Coleman și Wright, 1975*). Deltele sunt clasificate ținând cont de dominanța lor: val, cu geometrie arcuită; fluvial, cu geometrie alungită sau lobată; sau marea cu geometrie neregulată. Studii recente au adăugat la importanță și parametri suplimentari, cum ar fi: dimensiunea de sedimentului și/sau adâncimea apei (*Postma, 1990; Reading și Collinson, 1996*). Influența granulației sedimentelor în geometria deltelor sunt discutate pe larg de către Orton & Reading (1993). Granulometria sedimentelor este foarte importantă în geometria deltelor. Aceasta determină: gradientul câmpiei deltaice și modelul canalului, proprietățile de amestec a apelor fluviale și bazinul de recepție, tipul de țărm, reflectiv sau disipativ și redistribuirea proceselor de sedimentare pe frontul deltaic. Sedimentele sunt transportate atât în suspensie cât și ca încărcătura de fund (*bedload*) acesta fiind dominate de frecare și de inerție pe partea dinspre uscat și de flotabilitate în partea dinspre mare, în fața gurii de vărsare, astfel că o serie de morfologii deltaice se formează din combinații de procese diferite.

Gura de vărsare, este punctul focal al interacțiunii dintre masele de apă fluvială și marine, al interferenței de densitate, sector marcat de o scădere a vitezei de curgere și de depunere a sedimentelor. Cel mai important factor pentru dezvoltarea zonei de coastă la scara de timp scurt este: energia valurilor în regim *nearshore*, de larg, și panta subacvatică (*Wright & Coleman, 1973*).

Profilul disipativ către larg (*offshore*) care caracterizează delta cu granulometrie fină a sedimentului este foarte eficientă în

reducerea înălțimii valurilor din sectorul de țărnm, energia acestora scăzând în profil reflectiv. Sistemele de coastă, cu sedimente de granulometrie fină tind să fie dominate de marea iar sistemele de coastă cu sedimente grosiere tind să fie dominate de val. Cele mai multe delte sunt undeva la mijloc. La scară mare de timp, delta și implicit gura de vărsare, evoluează în funcție de aportul de sedimente, fluctuațiile nivelului mării, mișcări tectonice și variații climatice iar la scara mică de timp (anii - secole), dezvoltarea deltei este determinată de regimul fluvial și basinal. Secvențele succesive deltaice pot fi transgresive (*retrograding*) sau regresive (*prograding*).

Secvențe regresive sunt caracterizate de o masă de sedimente cu depozitare bazală (mâl) și distală (silt) depuse aproape de gura de vărsare. Secvențele deltaice transgresive rezultă dintr-o creștere estuarică sau abandonează din cauza unui canal de comutare. Sedimentologia și morfologia depozitelor de la gura de vărsare variază de la depozite de bară a gurii, influențate fluvial, la componenta facies cu energia mare a valurilor și creste alungite, cu energie mareică. Insulele barieră pot la fel de bine să facă parte din sisteme deltaice regresive și nu sunt limitate la sisteme deltaice transgresive (*Bhattacharya, 2003*).

Diferențele de densitate dintre cele două medii (râu vs. mare) sunt responsabile în trasarea morfologiei gurilor de vărsare. Se diferențiază trei tipuri de regim-limită: scurgere homopycnală unde densitatea apei râului și a mării sunt identice; scurgere hiperpycnală cu densitatea apei râului mai mare ca cea a apei marine); scurgere hypopycnală în care densitatea apei râului este mai mică față de a apei marine. Energia mică a curgerii cu care intră în apele de coastă produce o pană *hypopycnal* care plutește în apele salină. Aceasta are densitate mare și dinamica depinde de condițiile inițiale de ieșire (*Maren, 2004*).

Gurile de vărsare cu debite impresionante în mări cu calm de coastă produc pene de sedimente stabile și extrem de stratificate.

Aceste pene, transportă și depun sedimentele după diferite modele de sedimentare (*Nemec, 1995*), astfel că relația acestora cu procesul de depunere pe frontul deltaic nu este în totalitate înțeleasă (*Kineke et al., 2000*).

Sedimentele fluviale sunt redistribuite, în principal de valuri și marea, în lungul țărmului (*alongshore*) sau perpendicular (*cross-shore*), de-o parte de alta a gurii de vărsare. Unghiul de incidență al valurilor constituie un factor determinant în acest proces. În apele puțin adânci ale zonei de coasta, care au energia valurilor de la

moderat în sus, suplimentul de sedimente riverane este remodelat într-o morfologie dominată de val, cum ar fi *swash bars*, spituri sau linii de coastă drepte (Simpson, 1997).

Asimetria valurilor este capabilă să transporte sediment spre uscat pe vreme bună sau în condiții de furtună moderată, sau către larg prin curenți circulari (*undertow*), în special în condiții de furtună. La ape mai adânci ale frontului deltaic, rolul valurilor poate fi mai puțin important decât remodelarea mareică. Curenții mareici redistribuie sedimentul în ambele direcții în lungul țărmului prin eroziunea frontului deltaic din fața gurii de vărsare și nu numai (Maren, 2004).

Când curenții mareici sunt asimetrice, cu energie de curgere mare într-o direcție și apoi în cealaltă, modelarea mareică se realizează într-o direcție preferențială în care frontul deltaic se dezvoltă.

Formarea insulelor deltaice barieră la gurile de vărsare este asociată cu „delta abandonată” întrucât formarea insulelor barieră în sisteme deltaice regresive este puțin cunoscută (Jiminez et al., 1997).

Cuplarea între procesele penei fluviale de sedimente și procesele de depunere este studiată la scară de timp scurtă prin analiza hidrodinamicii penei fluviale și nu sunt relaționate cu dezvoltarea frontului deltaic, fiind analizate pe termen mediu (ani până la secole) pe scara timpului prin analiza sedimentelor. Procesele pe termen scurt sunt analizate prin măsurători de teren și prin modele numerice (Leeuwen et al., 2003).

Deltetele reprezintă componente ale sistemului fluvial. Modificările survenite în cadrul bazinului de drenaj la nivelul sedimentelor, compoziției chimice etc., se vor transmite în cadrul întregului sistem. Nu se poate rezolva ecuația morfologică a bazinului de recepție fără a lua în calcul variabilele apărute în amonte.

Deltetele prezintă faciesuri de sedimentare, cum ar fi: câmpia deltaică alcătuită din rețeaua de scurgere și sectoarele inter-distributare; frontul deltaic incluzând gura de vărsare, țărmul și sectorul către larg; prodelta, sectorul din față al deltei extins submers până în apa adâncă și alcătuit din sedimente fine.

Clasificarea deltelor s-a realizat într-o manieră primară în funcție de forma acestora în plan. Mult mai profundă este însă o clasificare pe baza proceselor dominante ce operează în cadrul sistemului deltaic. Deltetele dominate de râuri sunt reprezentate de extinderea puternică a brațelor deltaice în interior. Apare tendința formării grindurilor între care se canalizează scurgerea, de aici și denumirea de picior de pasăre (*bird foot delta*). Deltetele dominate de valuri apar acolo unde

sedimentele aduse de râuri sunt redistribuite prin acțiunea valurilor, și sunt caracterizate de fizionomii concav/ convexe. Delte dominate de marea prezintă canale mareice suprapuse celor de scurgere, a căror lățime scade către amonte, creând un aspect de *pâlnie* (figura 1).

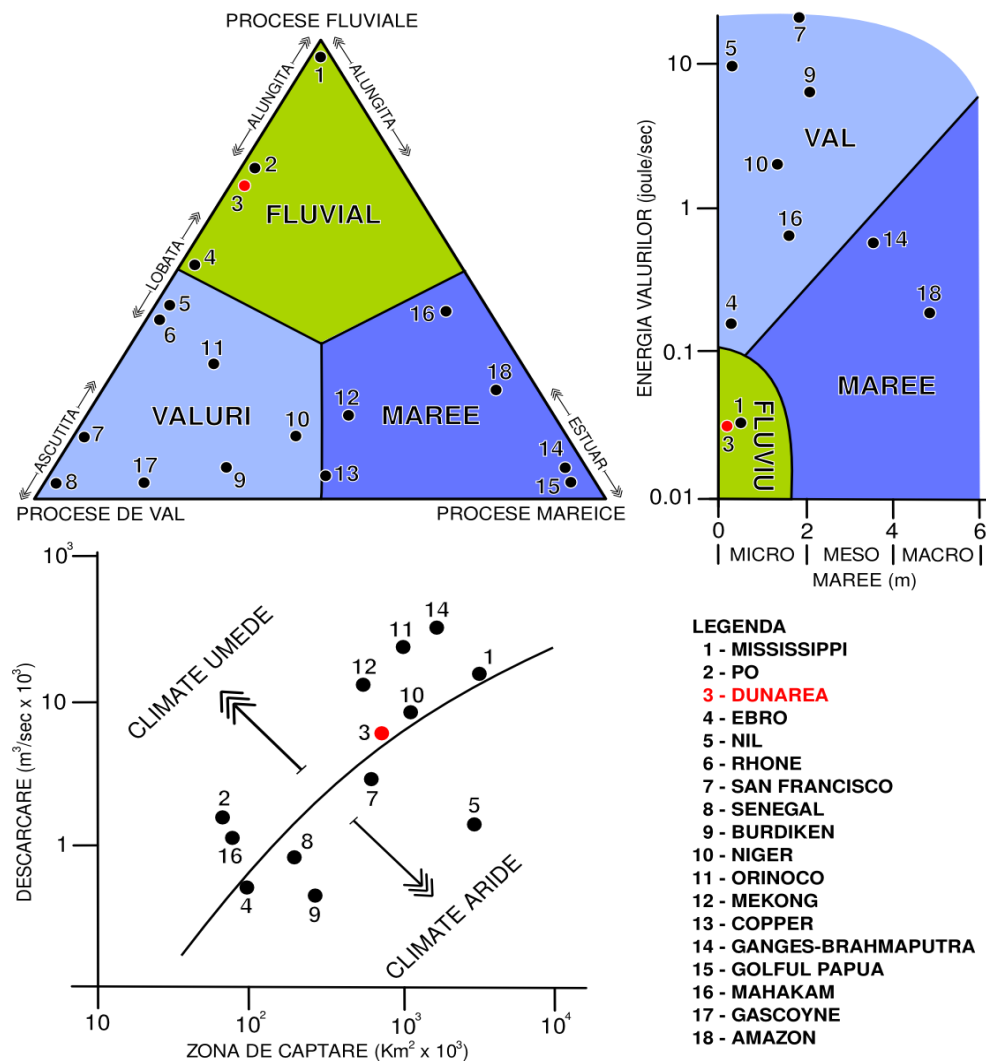


Fig. 1 Diagrama clasificării deltelor râurilor (după, Wright și Coleman (1973); Galloway, (1975); Johnson și Baldwin, (1986); Homewood și Allen, (1981), Allen et al., (1979), Johnson (1982).

Mecanismul morfologic al unei guri de vărsare este foarte complicat deoarece el este influențat nu numai de valuri și curenți ci

și de debitul fluvial. Schimbările morfologice se transmit imediat, ca rezultat al interacțiunii acestor forțe.

1.2. Geneza Deltei Dunării

Delta Dunării beneficiază de cele mai numeroase ipoteze de evoluție, deoarece această regiune a atras mulți cercetători pasionați, fiecare cu diverse lucrări, dintre care amintim pe: Ionescu-Dobrogianu (1909, 1921, 1933, 1938), Brătescu (1912, 1921, 1923), Murgoci (1912), Antipa (1910, 1914), Vâlsan (1935, 1936), Ciocârdel (1937), Fundățeanu (1944), Petrescu (1948, 1957, 1975), Mihăilescu (1958), Coteț (1960, 1971), Airinei (1966, 1969), Panin (1972, 1974, 1976, 1983, 1989), Giosan et. al. (2006). Numeroase alte articole tratează probleme de geomorfologie costieră, sedimentologie sau hidrologie: Spătaru (1962), Grumăzescu (1963), Pop (1965), Bondar (1972, 2001, 2004), Giurescu (1972), Gâștescu (1979), Vespremeanu (1981, 1983, 1984), Giosan (2003, 2004, 2005, 2006), Vespremeanu-Stroe (2004), etc. În prezent există peste 12 teorii asupra genezei și evoluției Deltei Dunării.

În Antichitate dovezile sunt prezente în scrieri antice, și se referă în general la identificarea gurilor de vărsare ale Dunării (*Herodot, 484-420 î.Hr.*), bancurile de nisip submerse scrise de Polybiu (210-120 î.Hr) sau la dovezi legate de denumirile gurilor Dunării în antichitate: gura *Peuce* sau Hieronstoma (*Gura Sfântă*), identificată de unii autori cu gura Sfântu Gheorghe. Personal ne păstrăm rezerve față de această localizare, din lipsa dovezilor care să confirme aceasta aserțiune, cu mențiunea că și Dunavățul putea întruni suficiente argumente pentru a fi denumit o *Gură Sfântă*.

În prima sa lucrare cu referire la Delta Dunării, Grigore Antipa (1910), trasează fazele evoluției deltei. În toate observațiile pe care le face, ține cont de studiile geologului german Herman Credner enunțate în lucrarea „Das Deltas” (1878), referitoare la deltele nordice de la Marea Baltică (ex: Vistula), fără să țină cont de dimensiunile și condițiile climatice diferite. Antipa susține că Delta Dunării a fost un golf și apoi un lac în care adâncimea varia între 1 și 2 metri, extrapolând mecanisme de construcție a cordoanelor litorale (adică succesiune de limane și lagune maritime) pe întreg golful Dunării.

Bratescu își expune ideile în trei lucrări (1912, 1921, 1923) și propune o nouă viziune privind mecanismele de construcție ce au acționat în spațiul deltaic. Acceptă ideea lui Antipa cu vărsarea deltei într-un golf, dar leagă formarea câmpurilor marine de prezența unor

guri de vărsare, acestea fiind surse de alimentare cu sedimente a curentului litoral. Afirmă că fâșiile lungi de nisip nu reprezintă altceva decât vechi linii de țărm, care prin juxtapunere au format câmpurile marine. Brătescu atribuie importanță proceselor actuale care au acționat și în trecut, formarea deltei fluvio-maritime sub influența factorilor fluviali și marini și apreciază că în ultimii 1000 de ani nu s-au produs schimbări semnificative la gurile Dunării.

Ionescu Dobrogianu nu are o teorie despre geneză, dar în cele două lucrări ale sale privind Delta Dunării (1909, 1921), face referire la problematicile legate de evoluția și tendințele de înaintare a gurilor de vărsare Chilia și Sfântu Gheorghe, despre care spune că sunt înclinate către sud datorită curentului litoral, lucru reliefat în aspectul deltei secundare Chilia și în alungirea insulei barieră Sacalin. Despre aceasta afirmă că are tendința de a se prelungi până la Cap Midia.

Murgoci (1912), introduce în calcul un nivel al Mării Negre scăzut, fapt ce presupune o retragere spre Est a mării, iar după transgresiunea Dzemetiniană, rămân doar insulele cuaternare: Chilia, Letea și Caraorman. El prezintă câmpurile Letea și Caraorman ca pe niște resturi ale continentului acoperite de nisip.

Vâlsan (1935/36) vine cu o idee originală, păstrând de la Brătescu predominanța proceselor de eroziune în cadrul țărmului și de la Antipa modelul morfogenetic. El crede că delta este un tombolo dublu și consideră că formarea câmpurilor marine și a insulei Sacalin sunt independente de aportul fluvial.

Ciocârdel (1937) în urma unor cercetări oceanografice desfășurate în bazinul Mării Negre timp de 4 ani, aduce în discuție influența curenților marini asupra frontului deltaic. El acuză Comisiunea Europeană a Dunării (CED), că nu a ținut cont de circulația curenților Mării Negre din zonă la amenajarea gurii Sulina, și propune navigației gura Sfântu Gheorghe, ținând cont de rata mică de sedimentare a barei din fața gurii și creșterea rapidă a adâncimilor către larg. Vântul nu este cauză principală în formarea curenților în Marea Neagră și este de acord cu Ionescu-Dobrogeanu cu privire la soarta insulei Sacalin.

Petrescu, în lucrările sale din 1948 și 1957, susține că gurile de vărsare ale brațelor Dunării, numite și „centre de acțiune”, duc la construirea cordoanelor fluvio-maritime și reprezintă puncte de convergență și inserție ale acestora, ce se dezvoltă întotdeauna către sud. El afirmă că partea de nord a Deltei Dunării a fost afectată de scufundări care au transformat delta într-un golf, iar vechimea o aproximează ca fiind de 4500-2000 ani BP.

Vintilă Mihăilescu (1958) spune că văile și interfluviile Bugeacului sunt actualele direcții ale brațelor Dunării iar grindurile sunt corespunzătoare liniilor interfluviilor. Susține existența a două cordoane litorale și se poziționează între ipoteza lui Antipa și cea a lui Brătescu.

Coteț (1960,1971) în elaborarea ipotezei lui, selectează de la fiecare elemente care se potrivesc cel mai bine, punând alături idei ale celor trei ipoteze importante și acceptă pe cea a lui Antipa cu privire la începuturile formării deltei și a celor trei cordoane litorale, cu străpungerea lor de către cele trei brațe și formarea în fața fiecăruia a deltelor secundare.

Panin, prezintă ca o concluzie a 17 ani de cercetări patru lucrări despre geneza deltei (1972, 1974, 1983, 1989), și afirmă că acum 10000-8000 ani BP, la gura golfului Dunării s-a format spitul Letea-Caraorman iar la vest de acesta fluviul își formează, în laguna creată, o deltă digitată. La sud de spit se formează gura Sfântu Gheorghe cu delta maritimă Sfântu Gheorghe I (8900-7000 ani BP), iar brațul Sfântu Gheorghe își micșorează debitul permițând dezvoltarea brațului Sulina (7200-2000 ani), care atinge maximul dezvoltării în timpul regresiei Fanagoriene (10-15km avans față de cea actuală). În ultima fază, scurgerea principală este preluată de brațul Chilia (2000 ani BP-prezent) și de brațul Sfântu Gheorghe care își dezvoltă fiecare delte secundare, în timp ce delta Sulinei este supusă eroziunii, datorită scăderii aportului sedimentar și a creșterii nivelului mării.

Airinei, printr-o serie de măsurători gravimetrice și magnetometrice (1966) a demonstrat apartenența fundamentului deltei la regiunea de platforma nord-dobrogeană și alcătuirea sa dintr-un sistem de horsturi (dintre brațele Chilia și Sulina, brațele Sulina și Sfântu Gheorghe) și grabene (grabenul Chilia, Sulina și grabenul zonei triasice la sud de brațul Sfântu Gheorghe), trepte și dislocații structurale, dezvoltate pe direcție VNV-ESE (1969). Toată această abordare din punct de vedere geofizic pornește de la cunoașterea reliefului predeltaic. El presupune că deplasarea paleobrațelor spre cursurile actuale trebuie privită ca o consecință a deplasărilor inegale pe verticală ce au evoluat de la sud spre nord, iar distribuția cordoanelor litorale sunt corelate cu ritmicitatea mișcărilor oscilatorii verticale ale fundamentului părții nord-vestice a bazinului Mării Negre ignorând total oscilațiile nivelului mării și efectele acestora.

Giosan și colaboratorii (2006) vin cu dovezi noi, legate de vârsta absolută, prin datări pe bază de C14 și termoluminescență, iar rezultatul este o diferență de până la 5000 ani față de datările

anterioare realizate de Panin (1974, 1989). Noile rezultate arată că perioada de formare a deltei actuale este cu aproximativ 5200 ani în urmă. Aceste datări au fost realizate doar pe baza bivalvelor articulate prelevate din grindurile marine sau paleo-țârmuri, iar probele de termoluminescență au fost doar pentru validarea probelor dateate cu C14 și pentru zonele unde nu s-au găsit specimene reprezentative (figura 2 /a).

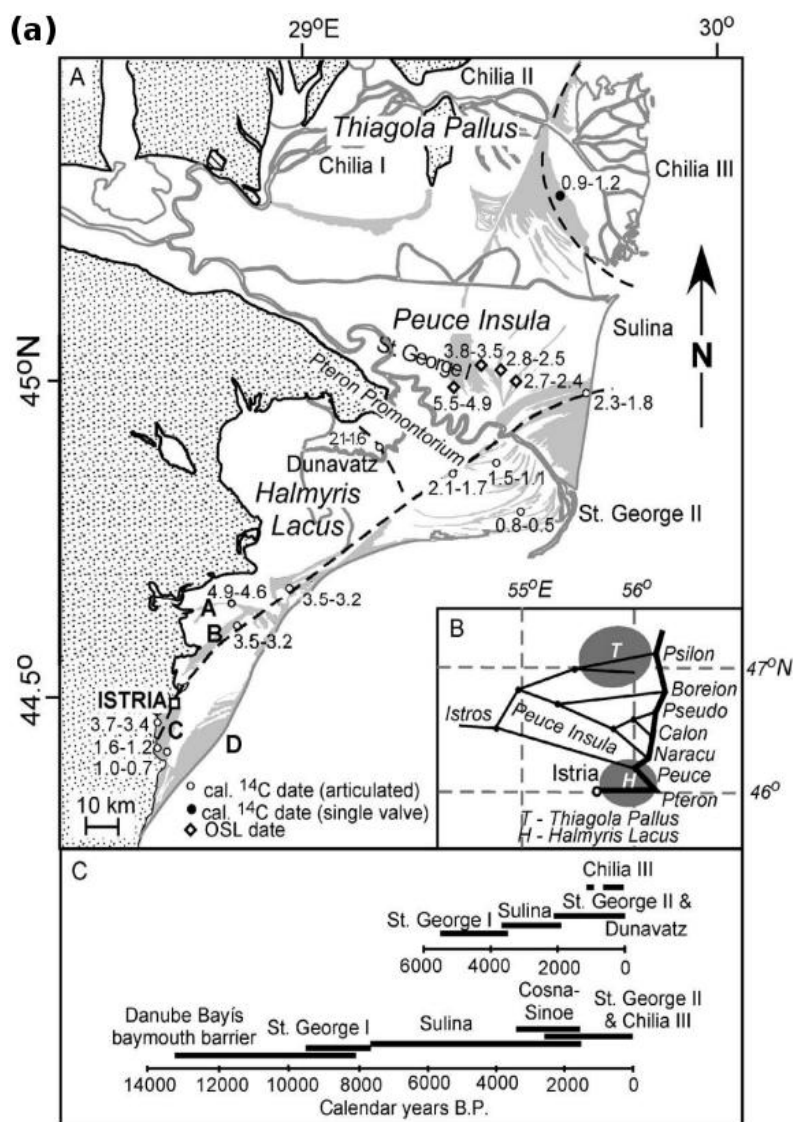


Fig. 2 a) Cronologia Deltei Dunării (Giosan et. al, 2006) și comparația cu modelul Panin (1983);

Zonele și vârstele obținute au fost: Vest Caraorman – 5210 ± 280 ani BP; Est Caraorman – 3640 ± 160 ani BP; Grindul Crasnicol – 2000-1700 ani BP; Grindul Zmeica – 4900-4500 ani BP; Grindul Lupilor – 3500-3100 ani BP; Istria – 1500-600 ani BP; Chituc care se dezvoltă și în prezent. Toate aceste rezultate infirmă ipotezele predecesorilor privind formarea sectoarelor deltaice și indică un climat al valurilor constant în ultimii 5000 ani și oscilațiile nivelului mării cuprinse între 1,5 și 2 m față de nivelul actual (*figura 2 /a*).

Bhattacharya (2003) aduce în prim plan un model conceptual de evoluție pentru lobul deltaic Sfântu Gheorghe în trei faze (*figura 2 /b*). Prima fază este subacvatică, unde depunerea sedimentară se realizează în partea subacvatică deltei (*figura 2 /b-A*).

A doua fază este a barelor liniare, discontinue formate în fața gurii de vărsare forțând gura să își bifurce descărcarea de sediment (către est și către sud), prezența barelor fiind situată în zona deltei subacvatice (*figura 2 /b-B*).

Ultima, este faza de insulă barieră în care barele liniare din fața gurii se unesc, devin emergente și formează insula barieră. Ea se deplasează către gura de vărsare, se lipește de țărm și poate da naștere, la adăpostul ei, unei lagune, acestea întâmplându-se pe un drift cu direcție sudică (*figura 2 /b-C*).

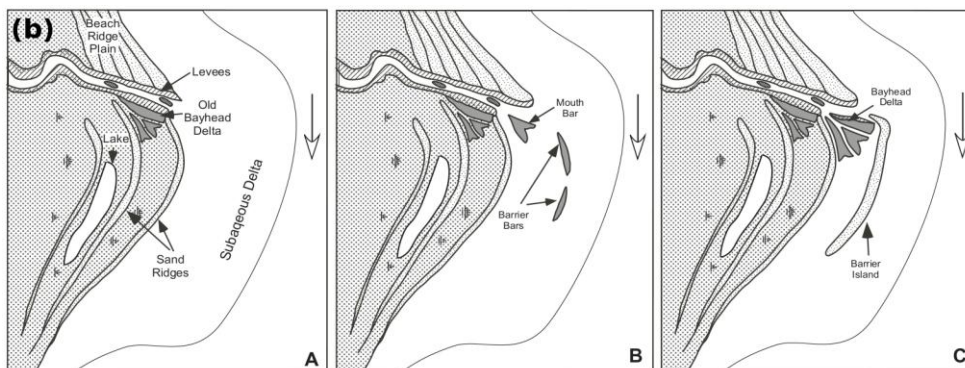


Fig. 2 b) Modelul conceptual de evoluție al lobului deltaic Sfântu Gheorghe (Bhattacharya, 2003).

1.3. Factorii care influențează evoluția gurii de vărsare

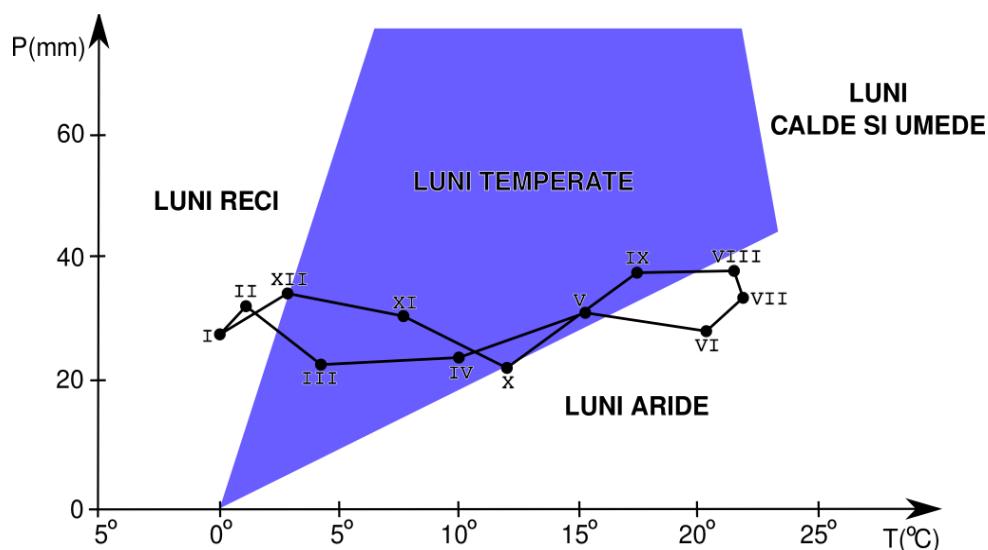
Zona de lucru este influențată de condițiile meteo-marine ale Mării Negre și de cele continentale ale bazinului Dunării până la Porțile de Fier I (legat de volumul de apă) și după Porțile de Fier II (legat de volumul de apă și sediment în suspensie).

Factorii meteo-marini.

Temperatura aerului își păstrează o valoare ridicată a mediei multianuale de 11°C la Sfântu Gheorghe, cu ani călduroși cu temperaturi medii de 12,5°C (1966) sau 11,8°C (1975) și ani răcoroși cu temperaturi medii de 9,5°C (1985). Amplitudinea termică anuală atinge valoarea de 21,8°C, iernile fiind blânde cu medii multianuale pozitive ale lunii Ianuarie (luna cea mai rece) de 0°C iar verile caracterizându-se prin temperaturi medii de 21°C- 22°C, cu număr de zile tropicale 6,1 zile/an la Sfântu Gheorghe, toate acestea datorită influenței Mării Negre.

O importanță majoră asupra proceselor guri de vărsare o reprezintă numărul de zile cu temperaturi sub 0°C care la Sfântu Gheorghe este de 57 zile/an, iar în anumite condiții coroborate cu înghețul Dunării influențează relieful submers în Gura de Vărsare. Precipitațiile atmosferice la Sfântu Gheorghe înregistrează valori scăzute de 35-38 mm (figura 3) (Vespremeanu-Stroe, 2007).

Umezeala aerului din cadrul țărmului Mării Negre este de peste 9 g/m³ iar gradientul umezelii relative la Sfântu Gheorghe este de 86%, orientat dinspre uscat spre mare, iar amplitudinea sezonieră este 81% în luna August și 90% în luna Decembrie.



Vântul reprezintă un factor meteo-marin important care influențează procesele la gura de vărsare. Un vânt din direcție vest

sau nord-vest va duce la o creștere a vitezei curentului fluvial coroborată cu o scurgere a apelor din lacuri prin gârle către brațe. Un vânt din sector estic va împinge pana de ape sărate pe gura fluviului până la distanțe de 10-15 km.

Ca urmare a acestui proces se realizează un efect de *remu* care se manifestă printr-o creștere de nivel a apelor fluviului, care nu se mai pot vărsa în mare și care pot produce inundații peste grindurile fluviale. Din acest motiv pericolul inundație la gura de vărsare a brațului Sfântu Gheorghe nu va fi reprezentat de nivelurile ridicate ale fluviului ci va fi determinat de direcția, intensitatea și durata vântului.

În ani cu debite scăzute ale Dunării (2003) prin suprapunerea unor condiții meteo-marine nefavorabile cu vânt din sector estic-sudestic se pot produce inundații catastrofale în zona gurii de vărsare.

În lunile de iarnă vântul predominant este cel din sector nordic și nord-estic, cu frecvență ridicată a furtunilor și cu pătrunderi ale apelor sărate pe gura de vărsare Sfântu Gheorghe, ca urmare a proceselor de refracție / difracție. Vântul din sector sudic și sudestic, se întâlnește cu precădere în intervalul mai-iunie și este considerat de pescari cel mai favorabil pescuitului la gura de vărsare.

În condiții de lipsă a vântului dar de prezență a hulei se poate realiza o pătrundere a apelor sărate marine pe gura de vărsare remarcată prin apariția unor valuri de hulă.

Analizând frecvențele medii anuale ale vânturilor la stația Sulina între anii 1941-2003 pentru sectoarele nordic și sudic (*figura 4*), valori care au fost obținute prin însumarea valorilor procentuale cu componenta nordică (N, NE, NV) și componenta sudică (S, SE, SV), se observă că: frecvența pentru sectorul nordic variază între 33,8 % (minim atins în anul 1962) și 54,4% (maxim atins în anul 1972) iar pentru sectorul sudic variază între 21,4% (minim atins în 1963) și 42,5% (maxim atins în anul 1952). Media multianuală a raportului sectoarelor nordice și sudice este de 1,37, cu un minim de 0,89 (în anul 1952) și un maxim de 2,00 (în anul 1972).

Pe baza calcului mediei pe întreaga perioadă analizată identificăm 2 etape pentru fiecare componentă. În prima etapă, pentru componenta nordică, între anii 1941-1967, procentul se menține sub media pe întreaga perioadă (44,4%) iar în a doua perioadă, între anii 1968-2003, procentul se menține peste medie.

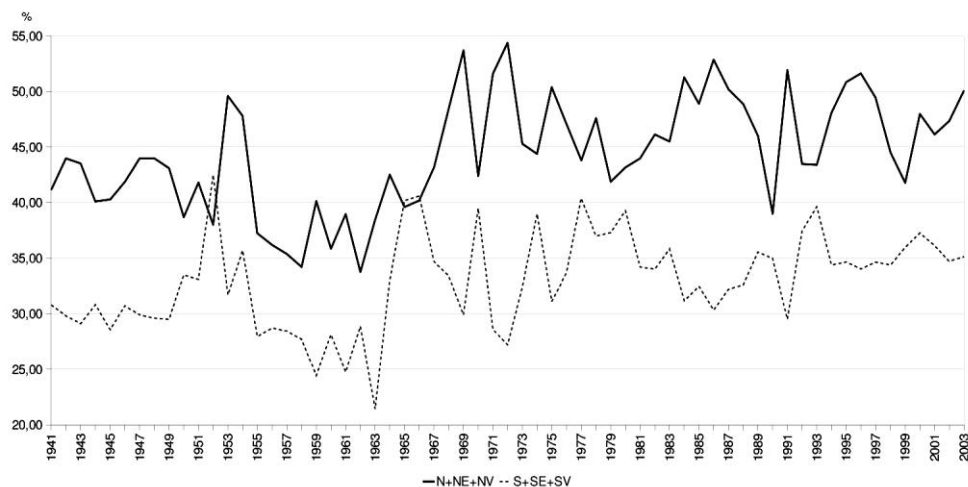


Fig. 4 Variația frecvenței vântului pentru sectorul nordic și sectorul sudic la stația Sulina în perioada 1941- 2003 (prelucrare date după Agenția Națională de Meteorologie).

În prima etapă, pentru componenta sudică, între anii 1941-1964, procentul se menține sub media întregului interval (32,9%) iar în a doua perioadă, între anii 1968-2003, procentul se menține peste această medie.

Se observă predominanța componentei nordice pe întreaga perioadă studiată cu două momente de inversare de situație, anul 1952 și intervalul 1965-1966, iar tendințele procentului frecvenței sunt crescătoare (figura 4).

Analiza vitezelor medii anuale ale vânturilor la stația Sulina între anii 1941-2003 pentru sectoarele nordic și sudic (figura 5) s-a realizat într-o primă etapă prin medierea valorilor de viteză (m/s) pe componenta nordică (N, NE, NV) și componenta sudică (S, SE, SV).

De la bun început se constată o predominare netă a sectorului nordic peste cel sudic, cu atingerea unui maxim la începutul deceniului șapte, care se suprapune peste perioada marilor inundații.

S-a observat că viteza pentru sectorul nordic variază între 2,8 m/s (medie minimă atinsă în anul 1942) și 8,9 m/s (medie maximă atinsă în anul 1971) iar pentru sectorul sudic variază între 2,54 m/s (medie minimă atinsă în anul 1949) și 7,03 m/s (medie maximă atinsă în anul 1969). Media multianuală a raportului sectoarelor nordice și sudice este de 1,27, cu o medie minimă de 0,84 (în anul 1942) și o medie maximă de 1,88 (în anul 1953).

În intervalul analizat se identifică două perioade distincte: o perioadă de creștere a vitezei pe ambele componente, între anii 1947-1970 pentru componenta nordică și 1949-1969 pentru cea sudică, interval care înregistrează amplitudinea maximă (4,46 m/s - componenta nordică și 4,49 m/s - componenta sudică) din întreg intervalul șirului de date analizat.

A doua perioadă, 1970-2003 pentru compartimentul nordic și 1969-2003 cel sudic, se caracterizează printr-o tendință ușor descendentă, fără a depăși pragul de 6 m/s pentru sectorul nordic și 5 m/s pentru cel sudic. Amplitudinile corespunzătoare sunt în acest caz de 2,71 m/s, respectiv 2,24 m/s.

Componenta nordică se menține superioară celei sudice păstrând o diferență aproximativ egală pe întreaga perioadă analizată (figura 5).

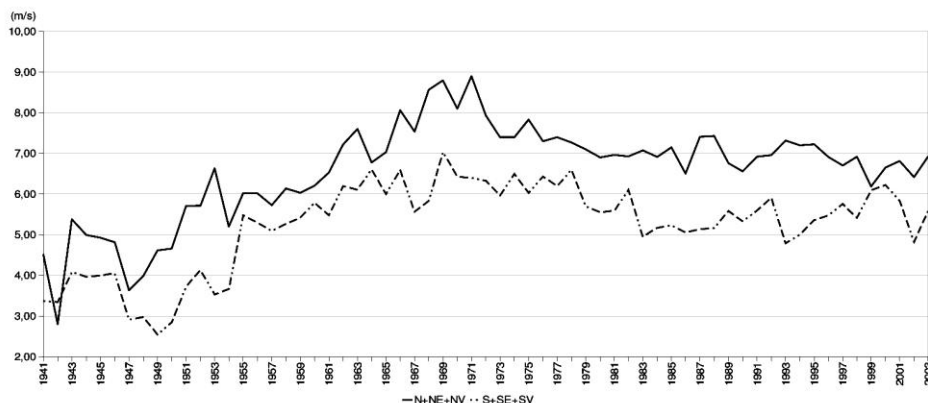


Fig. 5 Variația vitezei vântului pentru sectorul nordic și sectorul sudic la stația Sulina în perioada 1941-2003 (prelucrare date după Agenția Națională de Meteorologie).

Predominarea vânturilor din sector nordic de 43% și cel sudic de 31,4% la Sfântu Gheorghe indică un raport mediu multianual de frecvență de 1,36. Frecvențele ridicare ale vânturilor din sector nordic în lunile de iarnă (Decembrie – Martie) 48%-53% induc valori ale raportului de 1,7 – 1,8. În perioada lunilor de primăvară (Aprilie – Iunie) vânturile sudice devin predominante, raportul mediu multianual de frecvență devine 0,87 la Sfântu Gheorghe. În lunile de vară, Iulie – Septembrie, se reinstalează dominanța nordică iar în lunile de tranziție, Octombrie-Noiembrie, crește frecvența vânturilor din sector vestic (Vespremeanu-Stroe, 2007).

Pentru întreg intervalul analizat se constată o predominare a vânturilor din direcție nordică (valori medii anuale 10-25m/s), urmate

de cele sudice care se înscriu în aceleași tendințe, dar păstrând un caracter inferior în cea mai mare parte față de componenta anterioară. Dacă din 1941 până în 1962 direcția estică a fost superioară celei vestice, ulterior se constată o inversare a raportului. Vânturile din direcție estică înregistrează în general valori medii între 5-10m/s.

Între deceniul șase și nouă vitezele vânturilor vestice au depășit valori medii anuale de 10m/s. Ele sunt răspunzătoare de o scădere a nivelului în fața gurii de vărsare, ca urmare a împingerii apelor fluviale către larg. Prin creșterea vitezei de scurgere se va ajunge imediat și la o scădere a nivelului Dunării cu valori de 20 – 30cm.

Situația este exact inversă pentru vânturile estice, apele marine, cu o densitate superioară pătrund pe gura fluviului sub forma unei pene. Se realizează astfel o blocare a scurgerii fluviale, urmată imediat de o creștere a nivelului în amonte. Aceste vânturi estice, asociate cu cele sud-estice sunt răspunzătoare de inundații care se pot petrece chiar și în cazul unor debite fluviale reduse (*figura 6*).

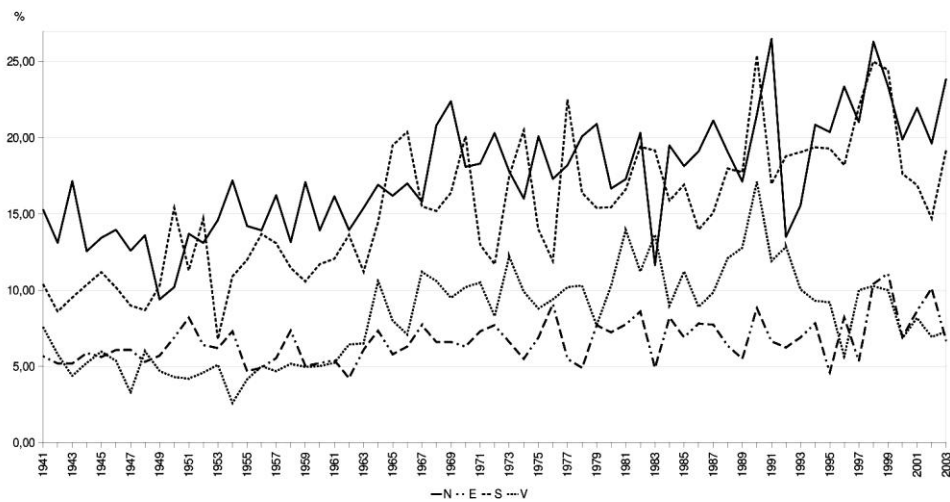


Fig. 6 Variația frecvenței vântului pentru direcția nordică, estică, sudică și vestică la stația Sulina în perioada 1941-2003 (prelucrare date după Agenția Națională de Meteorologie).

Din punct de vedere al transportului sedimentar în jurul gurii de vărsare, trebuie luat în calcul transportul de sedimente în lungul țărmului Sulina - Sfântu Gheorghe și transportul de sedimente în fața insulei Sacalin, acestea coroborate cu volumul de sedimente transportat de brațul Sfântu Gheorghe prin gura cu același nume.

Se ține cont și de orientarea liniei țărmului la nord și la sud de gura de vărsare, astfel că țărmul Sulina-Sfântu Gheorghe are o orientare cu + 7° grade față de nord, iar insula Sacalin cu o forma de arc de cerc cu lungime de 20 km și o orientare generală de peste 20° grade față de nord.

Numeric aceste valori pe țărmul Sulina – Sfântu Gheorghe de aproximativ 1,5 mil m³/an pe direcție nord-sud și 530 mii m³/an pe direcție sud-nord (Vespremeanu-Stroe, 2004). În lungul insulei Sacalin transportul nu poate fi estimat unitar datorită formei de arc de cerc. Exista valori de aproximativ 1,08 mil m³/an (Bondar et. all, 1993), 900 mii m³/an în nord, 1,75 mil m³/an în centru și 750 mii m³/an în partea sudică (Giosan et. all, 1997) și 912 mii m³/an în partea centrală și nordică și 417 mii m³/an în partea sudică (Vespremeanu-Stroe, 2007).

Din analiza evoluției debitului lichid și solid la gura de vărsare Sfântu Gheorghe, se remarcă, ca o primă observație constatată din șirul de date, tendința descrescătoare a debitului solid (amplitudinea maximă de 2884 kg/s) față de comportamentul mult mai unitar al celui lichid (amplitudinea maximă de 4605 m³/s) (figura 7).

Debitul solid a fost influențat în mai multe etape de factorii antropici (amenajări hidrotehnice) din bazinul superior al Dunării în prima faza și apoi de cele din bazinul inferior. Astfel se identifică până în anul 1955 o creștere a debitului solid până la 3112 kg/s, perioada care corespunde începerii construcțiilor hidrotehnice în bazinul superior al Dunării.

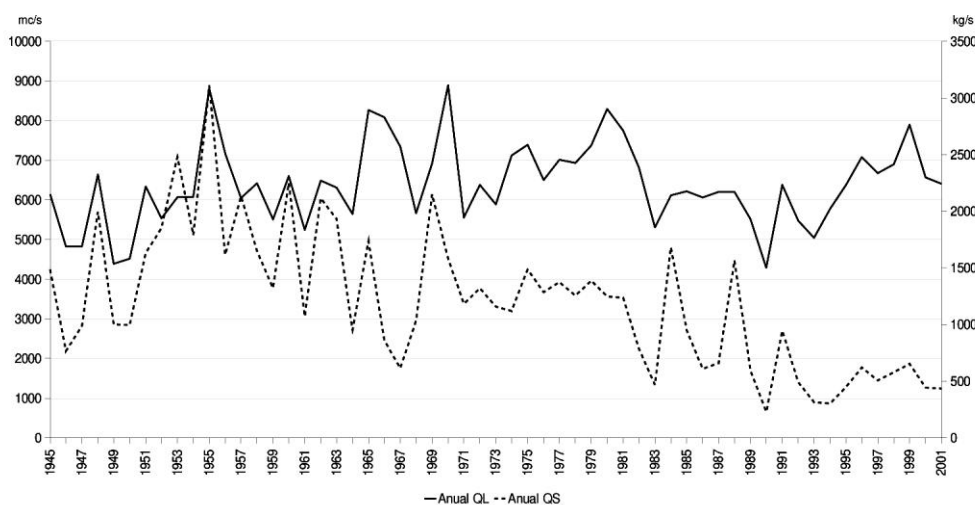


Fig. 7 Oscilația debitului lichid și a celui solid la Ceatal Izmail în perioada 1945-2001 (prelucrare date după INHGA București).