

A Duna-delta fejlődéstörténeti vázlata és szerkezeti egységei

dr. Ujvári József

(7 ábrával, 3 táblázattal)

A Duna-deltája, ez az alakulóban levő szárazföldi-folyamtorkolati képződmény, már évezredek óta magára vonta a tudományokkal foglalkozók figyelmét. Első leírása HERODOTOS-tól (i. sz. e. 484—423) származik, aki DARIUS útját követve jutott el ide is. Ő említi meg, hogy az Ister (a Duna görög neve) öt ágra szakadva ömlik a Pontus Euxinusba (Fekete-tenger). Igen értékes POLIBIUS-nak az a megjegyzése, hogy egy napi távolságra a partoktól (25—35 km) egy 1000 stádium (185 km) hosszúságú homoknyelvet találhatunk a Delta előterében. SZTRÁBON (i. sz. e. 58- i. sz. 25-ig) hét delta-ágról beszél és adatokat közöl azok elnevezéséről és méreteiről (pl. a deltafront hossza 55 km). Az idős PLINIUS (i. sz. 23—79) a következő deltaágakról beszél: Peuce, Naracu Stoma, Calon Stoma, Pseudo Stoma, Boreum Stoma és Spireo Stoma. Minden jel arra mutat, hogy ez a sok ág a mai delta nyugati szakaszán létezett, az egykori hordalékkúp övezetében, a távoli homoksziget pedig a kezdődő tengerparti zátonyszigetek (ma beépült deltaszigetek) embriója volt. A román deltatörténet-kutatók nagy része nagy figyelmet szentel az enigmatikus Peuce sziget meghatározására, melyet a legtöbb antik utazó megemlít (NASTASE, 1932).

A delta első koordináta hálózattal ellátott térképét PTOLEMEUS CLAUDIUS (i. sz. 90—100) készítette el.

A delta tanulmányozása a múlt évszázad közepén indul meg CH. HARTLEY vezetésével, ki az Európai Dunabizottság (CED) műszaki szakértője volt. 1857-ben T. SCHPRATT közöl két tanulmányt a delta és környéke geológiájáról, majd évszázadunk elején a megnövekedett érdeklődés hatására tisztázódnak a deltával kapcsolatos alapfogalmak egy sor kutató munkájában, mint pl. PENCK A. (1891), MARTONNE DE. E. (1902), CVLJIC S. (1908), SZEMENOV-TIENSANSZKIJ (1908), ANTIPA GR. (1910) stb.

A modern kutatások úttörői között igen jelentősek BRĂTESCU C. (1924), NASTASE GH. (1932), VĂLSAN GH. (1934), ARHANGELSKIJ A. D., SZTRAHOV N. M. (1938), SLANAR H. (1945), PFANNENSTIEL M. (1950), MURATOV M. V. (1952), FEDOROV P. V. és SZKIBA L. A. (1960, 1961); a konkrét fúrásadatok megjelenése után POPP N. (1958, 1959), IONESCU N. (1958), LITEANU E., PRICĂJAN A., BALTAC G. (1961, 1966) és BANU A. C. (1965, 1971) geológiai jellegű munkái jelentősek. Ezekben a tanulmányokon kívül megjelent egy sor gazdag megfigyelési adatot tartalmazó monográfia is a Duna-deltáról, mint amilyenek PETRESCU I. GH. könyve (1957), a nagy román—szovjet Delta-monográfia (szerzők: ALMAZOV A. A., BONDAR C., DIACONU C., GHEDERIM V., MIHAILOV V. N., MIȚĂ P., NICHIFOROV I. D., RAJ I. A., RODIONOV N. A., STĂNESCU V., VAGHIN N. F. (1963), BANU A. C. és RUDESCU L. monográfiája

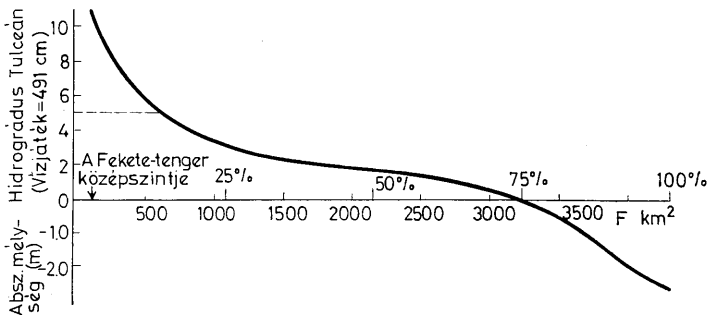
(1965), BANU A. C. doktori disszertációja (1971), egy nagyterjedésű nádenyésztes, biológiai jellegű Delta-monográfia RUDESCU et al., 1965, valamint egy sor rész tanulmány, melyekre itt nem térhetünk ki.

A Duna-delta fejlődéstörténeti vázlata

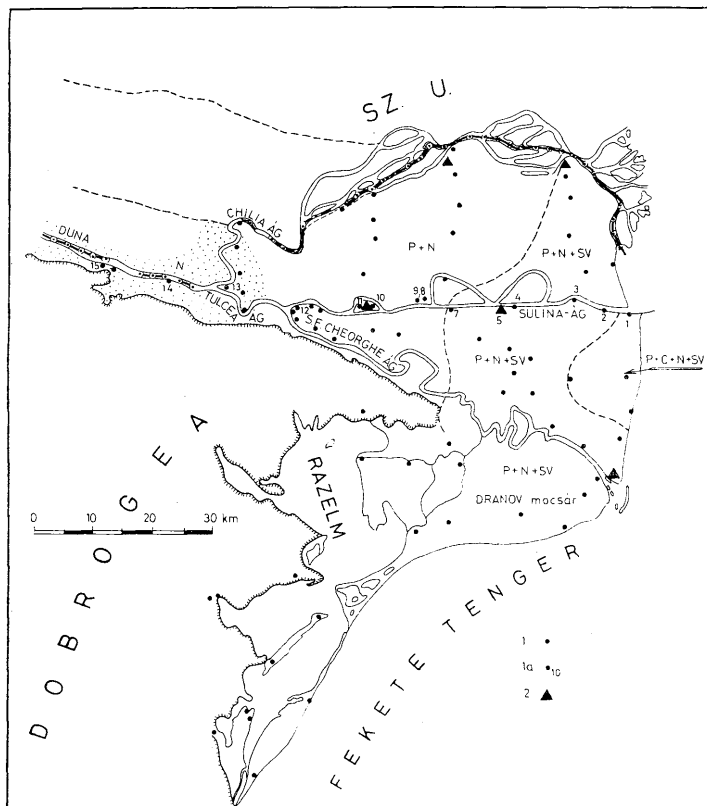
A Duna deltája, ez a ma is kételtű terület főleg a negyedkor képződménye' de fejlődése napjainkban is megtartotta kettős irányát: fejlődik a tenger irányában és függőlegesen, belső szerkezetében is. A kivételesen nagy vizek idején területének alig 3,5%-a marad szárazon (1. ábra), tehát alig 148 km² a 4340 km²-ből, ami Románia területén található. A delta hipszografikus görbéje figyelmeztet arra, hogy a Fekete-tenger északi partvidéke állandó süllyedésben van, a transzgressziót számtalan tény bizonyítja. A delta fejlődése tehát lépést kell tartson a vízállás növekedésével.

A delta fejlődéstörténete szorosan kapcsolódik a Duna alsó szakaszának kialakulásához, melyet a helixes agyagok jeleznek LITEANU et al. (1961, 1966). A Vaskapu-szoros kialakulásakor a Dáciai-medence tenger-tava még létezett, ennek lefolyását a Pontusi (fekete-tengeri) süllyedék irányába a Dobruzsai röghegység északi küszöbe is akadályozta, de a kialakult Ósduna vízhozamai elősegítették az átfolyást, majd a lineáris eróziót. Sajnos, a legrégibbi Duna-teraszokban, valamint a Duna által kialakított hatalmas olténiai hordalékkúpban jellegzetes fossziliákat találni nem sikerült. Legrégibbieknek azok a *Rhinoceros merki* maradványok számítanak, melyeket MIHAILA N. talált a Valah süllyedékben. Ez a mindel-riss intervallumra utal. A Paleoduna a saint-prestiai szakaszban tér rá jelenlegi útvonalára (LITEANU, GHENEA 1966). Ezt a megállapítást húzza alá WENZ W. tanulmánya is (1942), mely szerint a pannon fácies puhatestű faunáját a pontusi és levantei emelettel kezdve találjuk meg az Aldunai, Valah süllyedékben.

A Duna-delta talapzata kristályos palákból, paleozóos, mezozóos és neogén üledékekből áll. Az egykori öböl legmélyebb részein egy ÉNY-DK irányú vető vonul végig, mely elválasztani látszik az észak-dobruzsai talapzatot az

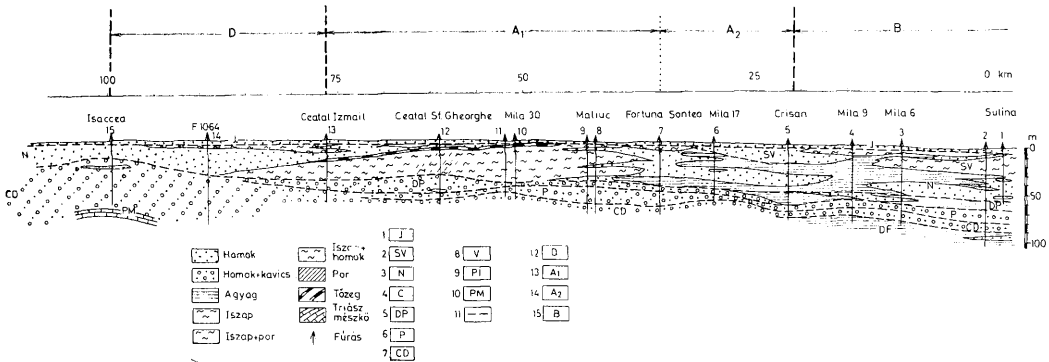


1. ábra. A Duna-delta hipszo-batigrafikus görbéje



2. ábra. A Fekete-tenger negyedkori transzgressziói a Duna-delta területén. Jelmagyarázat: P = paleoexin, C = carangat, N = neoeuxin, Sv = régi stádium; 1. = fúrások 100 m mélységig, 1. a. = fúrások melyek adatai a 3. sz. ábra szelvényét alkotják, 2. = mélyfúrások helyei

észak-dobruzdzsai süllyedék talapatától. A déli övezetben a Bestepe típusú devon kőzetek, valamint triász mészkövek uralkodnak. A központi övezetben a jura üledékösszet, valamint neogén üledékek (főleg dáciaiak) jellemzőek. Az északi övezetben a jura összlet fölött a szarmata és a pliocén lehető meg. A talapathoz tartozó legfiatalabb üledékek a vörös agyagok; ezek villafrankai delluviális-proluviális (szárazföldi) üledékek és a mai delta legnagyobb részén megtalálhatók.



3. ábra. Litológiai, srtatigráfiai szelvény a Duna-delta hosszában, Isaccea—Tulcea—Sulina vonalon. Jelmagyarázat: 1. Jelenkori üledékek, 2. A fekete-tengeri transzgresszió régi stádiuma, 3. Neoeuxin transzgresszió, 4. Carangat transzgresszió, 5. A régi delta uzunlár-carangat stádiumának pszammitos üledékei, 6. Paleoeuxin transzgresszió, 7. A Fekete-tenger csauada stádiuma (pszefték), 8. Villafrankai vörös agyagok, 9. Pliocén, 10. Paleozóos és mezozóos üledékek, 11. Srtatigráfiai határ, 12. A deltaecsúsa előszakasza, 13. A delta folyami szakaszának csúsovézete (régí hordalékkúp alappal), 14. A delta folyami szakaszának első energia kiegyenlítődségi övezete, 15. A delta tengeri szakasza (szakaszbeosztás ÚJVÁRI J. szerint)

A 2. ábrán jelölt fúrások nagyrésze csak a talpzatig haladt (100 m-ig), viszont 5 mélyfúrás a talpzatot is feltárta a következő pontokban: 1. Maliuc (420 m), 2. Sf. Gheorghe (521,36 m), 3. Crişan (347,85 m), 4. Periprava (400 m), 5. Chilia Veche (400 m).

Ha a Fekete-tenger vízállásait állandónak tekintenénk, elvben elfogadható lenne az üledékek átmérőjének fokozatos csökkenése a talpzattól a felszín felé, hiszen a feltöltődéssel a folyó hosszanti esése és munkaképessége a torkolatában is csökken. Ez nagyvonalakban érvényes is, viszont amint a kutatások bizonyítják, a Fekete-tenger vízállásingadozásai sok esetben megzavarták az eredeti ülepedési folyamatot és ez híven tükröződik a fáciesek váltakozásában mind függőlegesen, mind vízszintes irányban (3. ábra).

A transzgressziós és regressziós folyamatok teljes egészükben a jelenlegi fúrásmintákból tükröződnek, ezért a régebbi, spekulatív jellegű kutatások eredményeit nem sorolhatjuk föl anélkül, hogy ellentmondásba ne kerüljenek az újabbakkal. Ezek közül a LITENAU E. és munkatársai által összeállított fejlődési szakaszosítást találjuk legmodernebbnek, legteljesebbnek (I. táblázat).

A szerzők szerint a delta legrégebbi képződményei a felszínhez legközelebb, a mai folyami szakaszban találhatóak, ami kétségtelen jele az ós-hordalékkúp létezésének. Szerkezetében nem sikerült meghatározni a deltaképződésre oly jellemző vizalatti frontális szakaszt, ami a folyóvíz energiájának csökkenésével jár együtt. A deltafront hiányát azzal lehetne magyarázni, hogy a negyedkor folyamán a Fekete-tenger vízállásai közel ± 40 – 50 méter körül váltakoztak egy képzeletbeli szint körül, mely éppen a pszeftikus alapszinten lenne. A hordalékkúp édesvízi környezetben alakult ki a saint-prestianban (*Corbicula fluminalis*, *Theodoxus danubialis*, *Viviparus diluvianus*).

A második fejlődési szakaszra a paleoexin transzgresszió jellemző, mely során a tenger sós vize behatolt a Szeret torkolatáig, a mai Duna-szakasztól északra (2. ábra). Ebben a szakaszban ülepedett le az alsó-pszammitikus összlet (3. ábra).

A harmadik fejlődési szakaszban, az uzunlar regresszió idején a delta újból édesvízi környezetben fejlődik, ekkor alakul ki a tulajdonképpeni delta-jellege és csupán a karangat transzgresszió idején önti el újból a sósvíz a mai delta keleti részét egy eléggé keskeny övezetben.

A negyedik szakaszban folytatódik a transzgresszió, mely a neoexin nevet kapta és a deltát elönti a sós-brakkvíz, az üledékekben (pszamo-pelitek) pedig uralkodnak a káspi-tengeri óslények (I. táblázat). A neoexin transzgresszió során a tengervíz a brailai mocsarak északi területeit is elönti (2. ábra), de mostmár a mai Duna-völgy vonalán.

Az ötödik szakaszban, az alsóholocénben kezdődik az a transzgresszió, mely rövid és nem túlságosan jelentős vízállásingadozásokkal (± 5 – 6 méter a jelenlegi „0” ponthoz viszonyítva), napjainkig tart. Ekkor alakult ki tehát a mai delta kerete, mely eléggé hűségesen alkalmazkodott a Fekete-tenger vízállás-ingadozásaihoz. A hűvös, atlanti periódus csapadékos voltát igazolja BANU A. C. (1971) megfigyelése, mely szerint a transzgresszió igen alacsonyról indult (-60 , -80 m).

A hatodik szakaszban a felsőholocénben, a Duna deltájában kialakul a belső dinamikai szerkezet az ágak és a turzásbázi süllyedékek között, tehát a mai feltöltődés dinamikája egyre világosabbá válik.

Fejlődési szakaszok	A Duna-deltája			A Valah-süllyedék	Dél-Moldva (Sz. U.)*	Orosz síkság**	Fekete-tenger	Földközi-tenger
	Litológiai jellemzők	Paleontológiai jellemzés	Jellemző események	Jellemző folyamatok			Jelenkori stádium	
VI.	Aleuritos összlet	Jelenkori élőlények Jelenkori élőlények * <i>Corbicula fluminalis</i>	Jelenkori delta	Hordalék felhalmozódás a folyóvizek alsó száján (felsőholocén)	Holocén	Jelenkori összletek	A Fekete-tenger régi stádiuma	Flandriai
V.	Pszammitok + alauritok összelete	<i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Rissoa splendidata</i> <i>Venus gallina</i> <i>Nassa reticulata</i>	A Fekete-tengeri stádium régi szakasza	Fiatal löszök képződése alsó terrasz-szintek (alsóholocén)	Lösszoid összlet, <i>Elephas primigenius</i> -szal	Felsőpaleolit összlet	Neoeuxin	Tirrón II
IV.	Pszamo-pelites összlet	<i>Micromelania caspia</i> <i>Monodacna colorata</i> <i>Hydrobia ventrosa</i> <i>Dreissena rostriformis</i>	Neoeuxin transzgresszió	A köztes lösz-szintek kialakulása (würm)			Karangat	
III/b	Felső pszammitos összlet	<i>Tapes calverti</i> <i>Scrobicularia plana</i> <i>Cardia</i> sp.	Carangat transzgresszió	Régi löszök (riss-würm)	Lösszoid vörös agyagok	Felső (régli) paleolitösszlet	Uzunlár	Tirrón I
III/a	Középső-pszammitos összlet	<i>Corbicula fluminalis</i> <i>Lymnaea stagnalis</i> <i>Viviparus contextus</i>	A régi Duna-delta szakasz	Mosztistea homokok (riss)	Babele rétegek	Hazar összlet	Paleoeuxin	Milazzai Sicíliai
II.	Alsó pszammitos összlet	<i>Didacna pontocaspia</i> <i>Adacna plicata relicta</i> <i>Monodacna pontica</i> <i>Corbicula fluminalis</i> <i>Viviparus diluvianus</i>	Paleoeuxin transzgresszió	Mindel-riss márgás összlet		Tiraspol összlet		
				Mindel márgás összlet	<i>Unio sturi</i>	Taman összlet	Csauda	Kalabriai
I.	Pszefites összlet	<i>Corbicula fluminalis</i> <i>Theodoxus danubialis</i> <i>Viviparus diluvianus</i>	A hordalékkúp lerakódása	A Pratesti rétegek (Saint prestiai)	Vörös agyagok			
—	Vörös agyagösszlet	Steril	Az Ósduna kialakulási időszaka	A Cindesti rétegek (Willaf Frank)	Agyagos-homokos összlet, <i>Mastodon arvernensis</i> és <i>Elephas meridionalis</i> -szal	Haprov összlet	Gúriai	
—	Pelites-pszammitos összlet	<i>Viviparus bifarinatus</i> <i>Unio procumbens</i> <i>Unio lenticularis</i>	Az Ósduna tavi időszaka	(Levantei, astiai)	Porat-rétegek	Pliocén	Kujálnik	Asztiai

* NIKIFOROVA K. V., ALEXEVA L. I. (1960)

** GROMOV V. I. (1957)

LITEANU és BANU (valamint igen sokan mások) bizonyos fokig ellentmondó álláspontot foglalnak el a Fekete-tenger vízállás-ingadozásaiával kapcsolatban. LITEANU szerint: „A Fekete-tenger vízállás-ingadozásait illetően kifejezzük abbéli véleményünket, miszerint ezek létezésének ellentmondanak a létező üledékösszletek. Nyilvánvaló, hogy a Fekete-tenger vízállás-csökkenése, egy adott stádiumban, maga után vonta volna a meglévő régebbi üledékek eróziós jellegű eltávolítását (h). A Fekete-tenger lehetséges pozitív jellegű ingadozásait, melyek a Földközi-tengerrel lennének kapcsolatosak, megkérdőjelezték. Valóban a földközi-tengeri víztömegek behatolása a Pontusi-Káspi süllyedékbe az uzunlárra tehető, tehát arra a szakaszra mikor a deltában regressziót lehet megfigyelni. A carangat-tengeri szakaszban, amikor a transzgresszió aránylag jelentéktelen, bár a kapcsolat a Földközi-tengerrel fennáll, a tengervíz csupán a delta keleti részét önti el. A Fekete-tenger neoeuxin stádiumában, mikor a kapcsolat a Földközi-tengerrel megszűnt, bizonyos fokú édesülés állott be, de ezzel egyidejűleg a felsős tengervizek behatolnak a deltába, amit a jellegzetes puhatestűek jelenléte igazol” (LITEANU et al., 1961).

Ugyanakkor LITEANU megállapítja, hogy: „Az említett üledékösszletek, melyek a fekete-tengeri stádiumhoz tartoznak a csaudától napjainkig, mind azt bizonyítják, hogy a teljes sztratigráfiai szakaszban a delta területe egy állandó süllyedés hatása alatt volt” (1961).

Véleményünk szerint nagyon fontos ez a határozott állásfoglalás a tektonikai hatások mellett, hiszen a Kárpát-kanyar előterében a pliocén és a negyedkor közötti átmenet időszakában hatalmas méretű süllyedés észlelhető, mellyel egyidejűleg a valahiai orogenezis fázisában a heggyvidék közel 1000 méterrel emelkedett. Lehetetlen, hogy ezek a nagy kiterjedésű változások ne érintették volna a deltán áthaladó kontaktvonalat is, mégpedig negatív jelleggel. Ennek ellenére véleményünk szerint semmiképpen sem elhanyagolható az a tény, hogy a mai Fekete-tenger vízgyűjtőterülete 5,3-szor nagyobb a tenger felszínénél és ha hozzá számítjuk a káspi-tengeri kapcsolatot is (a Volgával, Urallal stb.), úgy könnyen elképzelhető évezredek viszonylatban a természetes víz-

A Fekete-tenger vízállás-ingadozásai a holocénben
(BANU A. C. szerint)

II. táblázat

Sz.	Az ingadozás jellege	Az ingadozás kiterjedése	Időmeghatározás* (megközelítően)		Javasolt elnevezés
			kezdet	vég	
5.	pozitív	-4 m-ről indul	i. sz. I-II.	folytatódik	Valah transzgresszió
4.	negatív	+5 m-től -4 m-ig	i. sz. e. II.	i. sz. I-II.	Dáciai regresszió
3.	pozitív	-4 m-től +4 m-ig	i. sz. e. VI-VII.	i. sz. e. II.	Neolit (új fekete-tengeri) transzgresszió
2.	pozitív	-(60-80) m-től -4 m-ig	holocén kezdet i. sz. e. XII-XV.	i. sz. e. VI-VII.	Régi fekete-tengeri transzgresszió
1.	negatív	-(60-80) m-ig süllyed	Würm I. i. sz. e.	i. sz. e. XII-XV.	Neoeuxin regresszió

x. = évezredekben
i. sz. = időszámításunk szerint
i.sz. e. = időszámításunk előtt

háztartás okozta akár 60–80 méteres vízállásingadozás is. Ami pedig a delta-üledékek teljes mértékű eróziós eltávolítását illeti, kétségeink vannak, hiszen az erózióbázis jelentős süllyedése a vonalas eróziót segíti elő, aminek vízszintes kiterjedése még a Duna esetében is csak 1,0–1,5 km-nyi szélességű medret feltételez; ezt pedig a meglévő fúrások, bár számuk igen jelentős, nem biztos hogy hatásosan jelezhetik. Tény viszont, hogy a NASTASE által jelzett (1932) tengerfenéki medrek léteznek, méghozzá 30–80 m mélységig; főleg a Sft. Gheorghé delta-ág folytatását lehet felismerni, ami ennek igen régi voltára vet fényt (BANU A. C. szerint würm I.), (II. sz. táblázat).

* * *

Bár a holocén kor a legrövidebb és legközelebbálló napjainkhoz, talán a legkevésbé tanulmányozott, ismert. BANU A. C. dolgozatában (1971) minden lehetséges történelmi, geológiai, morfológiai és hidrológiai adatot feldolgozott azzal a céllal, hogy a Fekete-tenger holocén kori vízállásingadozásait ki-nyomozza (II. táblázat).

A fenti táblázat beosztása nem különbözik lényegesen a FEDOROV P. V. és SZKIBA L. A. vázlatától (mely a MURATOV M. V. nagy beosztását részletezi). A szovjet kutatók a fanagóriai (és a dáciai) regressziót követően elhatárolnak még egy, ún. „nimfeai” transzgressziót, mely során a Fekete-tenger szintje + 1 m-re emelkedik, egy újabb (nevtelen) regressziót és végül a jelenlegi transzgressziót (BANU, 1971).

A +5 m-es delta-szintet BANU a Duna Sf. Gheorghé ágának jobb oldalán található teraszszinttel igazolja. Ez volna a legmagasabban fekvő tanúja a delta létezésének.

A Duna-delta felszíni szerkezete és fejlődésének főbb vonásai

A Duna deltájának jelenlegi felszíni szerkezete magán viseli a negyedkorvégi, főleg holocén kori fejlődés összes nyomait. Ezt a szerkezetet a Duna torkolati szakaszára jellemző hidraulikai, hidrodinamikai jellegzetességek határozták meg. Az üledékek nagyságrendi eloszlása, valamint az üledék-képződés során az uralkodó áramvonalak alakító hatása rendkívül tisztán felismerhető a felszíni formák alakjában és területi elterjedésében.

A 4. ábrán bemutatjuk a Duna-delta morfo-hidrodinamikai felosztását, mely szerint 5 főbb övezet különíthető el:

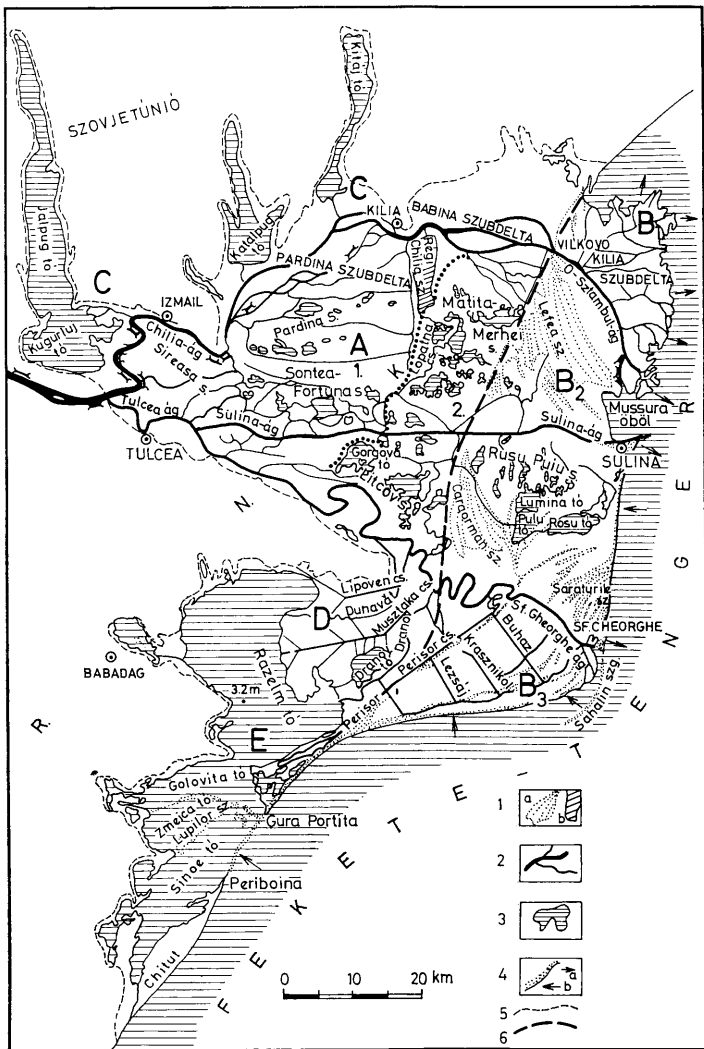
A) A központi deltatest folyami deltaszakasza szerkezetében két alegységre oszlik:

1. Egy Tiberisz típusú régi, ma jórészt feltöltött deltaszakaszra,
2. A régi folyami deltaszakasz gyengén feltöltött torkolati szakaszára.

B) A központi deltatest tengeri deltaszakasza beépült tengeri rekesztő zátonyszigetekkel és köztés deltatavakkal jellemezhető. Három fő összetevőjét különíthetjük el:

1. A fejlődő Kilia szubdelta (Szovjetunió),
2. A központi deltatest frontális szakasza,
3. A Dranov mocsárvidék kampóturzásokból alkotott keleti, tengeri szakasza.

C) A baloldali limántavak övezete (a központi deltatest előrehaladásával elzárt folyótorkolatokban).



4. ábra. A Duna-deltaszakas szerkezeti felépítése. J e l m a g y a r á z a t: A = a központi deltatest folyami szakasza, A₁ = az ösdelta hordalékkúp-szakasza. Jelenlegi felfosztásában uralkodnak a folyami turzások, A₂ = az ösdelta torkolati (energia kiegyenlítődési) szakasza, B = a tengerparti turzásokból és zátónyokból felépített deltazsigetek és periszípek övezete, B₁ = a Kilia szubdelta, B₂ = a központi deltatest tengeri feltöltődési szakasza, B₃ = a kampóturzások és szárnyturzások (lidők) övezete, C = a folyami turzásokkal elzárt límánok övezete, D = a Dranov elmoscsarasodott övezete (elhalt deltaág), E = a Halmris-öbölben kialakult Raze m laguna-komplexum, S = szüllyedék, Sz = sziget, cs = csatorna

D) A Dranov elmosarasodott, régi folyami deltaszakasza.

E) A rekesztő zátonyokkal elzárt és felosztott Razelm laguna töösszlet.

Bár a deltában uralkodó hidraulikai viszonyok időben lényegesen változnak, érdekes, hogy vannak olyan szakaszok, melyek alapvető jellegüket tekintve keveset változtak (3. ábrán A. 1, 2 övezet és ugyanaz a 4. ábrán!).

A központi deltatest eléggé rövid szakaszon (30–40 km) emelkedik ki 1–15 méterrel a Duna medréből, tehát ezen a szakaszon a mederfenék esése megszűnik és emelkedni kezd (negatív esés), míg el nem éri a deltahát szintjét. Innen a medrek esése 3–5 mm körül van kilométerenként a torkolati szakaszig. Ez a negatív esés létezett a régi fekete-tengeri stádiumban is (3. ábra: tőzegszint!), sőt a pszeftikus rétegösszletek kialakulása idején is Isaccea fölött (csauda stádium).

A folyami deltaszakaszon (A) a parti turzások, valamint az egykori, ma már szigetekké vált turzások követik a deltaágak irányát, tehát Ny–K-i irányúak. Külsőleg igen hasonlítanak a védőgátakhoz, szerkezetüket tekintve viszont a görgetett hordalékok anyagából épülnek fel (0,1–0,3 mm átmérő), de elég jelentős szerep jut a lebegtetett hordalékokra is (0,01–0,1 mm átm.).

A folyami deltaszakaszon, a hordalékkúpszerűen feltöltött régi deltaszakasz (1) ágain lefutó víztömegek torkolati megtorpanása a mai Matija-Merhei és a Litcov süllyedék (2) keleti részén jött létre. Ez az egykori hordalékkúp peremi szakaszának felel meg, ma itt található a legnagyobb deltatavak (Matija, Merhei, Babina, Dolhei, Trei Ozere, Bogdaproste, Lideanca, Furtuna, Obretinul Mare, Gorgova, Isakov, Uzlina, valamint a Sf. Gheorghe ágától délre a Dranov-tó).

A tengeri deltaszakaszon (B) az üledékképződés hidraulikai adottságai alapvetően megváltoznak. A folyami turzásokkal határolt deltaágak aránylag gyorsan hatolhattak át az A. 2-es szakaszon. Ezek üledékei részben elődeltákat, szubdeltákat alkottak a Chilia-ág hosszában, az általuk szállított hordalékok belekerültek viszont a tengeráramlatok hatáskörébe, hol eleinte zátonyszigeteket képeztek (lásd a Szahalin zátonyszigetet!), majd kialakultak a rekesztő zátonyok is, melyek leszigetelték a legyezőalakat felvett zátonyszigeteket. Ez a tengeri deltaszigetek eredetének magyarázata (Letea, Caraorman az első, a Sărăturile sziget nagyrésze a második generációban jött létre). A hátra hagyott üledékképződési „hiátusz” (A. 2.) már, mint a delta belvízi, hidraulikailag „védezt” övezete fejlődik tovább, benne igen lassú az üledékképződés. A gyorsan előrehaladó Chilia-ág mögött a feltöltődés a leggyorsabb és legkiterjedtebb (Letea sziget). Miután a Sulina-ág meghaladta a Caraorman övezetét, a folyami turzás gyors előrehaladásával újabb hidraulikai hiátuszt képezett, mely ma a Puiu-Roșu süllyedék nevet viseli; ennek keretében szintén nagy méretű tavak kaptak helyet (Lumina, Puiu, Roșu stb.).

Tekintettel arra, hogy a Sf. Gheorghe ág tengeri szakasza a legfiatalabb (1,5–2 ezer éves), emögött csak elnyújtott kampóturzások alakulhattak ki. Akárcsak a Sahalin-sziget, ezek alakja is merészen kanyarodik délnyugatra, ami az északról jövő tengeráramlatok jobbra tolódását jelzi (Koriolis–Baertörvény). Ez a tendencia a partvidék egyensúlyi állapotán is érzik (lásd: 4. ábra, partvidékeltolódás).

A deltaágak összesen 85 km²-nyi területet foglalnak el a delta romániai szakaszán, évente 200 km³ vizet és 0,35 km³ hordalékot szállítanak a tenger felé.

A delta hidraulikájának egyik alapvető törvényszerűsége abban nyilvánul meg, hogy a Duna vízhozamainak és hordalékhozamainak 83%-a megkerüli

a központi deltatestet. Az egykori hordalékkúp hatása tehát még napjainkban is észlelhető a folyami szakaszban, ott ahol az elágazás van. Ebből egy sor igen érdekes jelenség jön létre, melyet a meglevő irodalom nem tükröz következetesen.

a) A deltacsúcson a víztömegek nagyrésze a süllyedő területek felé veszi útját, tehát a Kilia-ág vízszállítására és hordalékszállítására uralkodik (60–65%). A Sf. Gheorghe-ág a múlt évszázadban még jelentős vízhozammal rendelkezett (30%), míg a központi fekvésű Sulina-ág hozama jelentéktelennek bizonyult (7%).

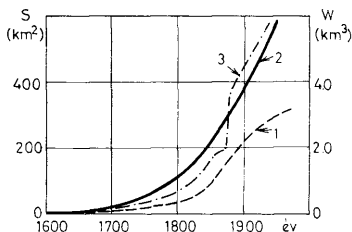
A Sulina-ág szabályozása során, a kotrások következtében ennek vízhozama jelentősen megnövekedett. Évszázadunk kezdete óta a Sf. Gheorghe-ág rovására a két ág között 10%-os vízhozam-eltolódás állott be.

b) A delta fejlődése a legnagyobb vízhozamú ág mentén a leggyorsabb. Időszámításunk előtt, az V–I évszázadokban bizonyíthatóan a Sulina-ág volt a legaktívabb, kialakította azt a Tiberisz típusú kezdeti deltaszakaszt, melyet mi most a folyami deltaszakaszként tartunk nyilván. Ekkor, HERODOTOS leírása szerint a Duna vízhozamainak nagy része a mai Dranov mocsarai felé folyt, a deltának pedig 5 ága volt. A mai Razelm-tó partján levő Hystria görög kikötőből indultak a hajók a Duna irányába. Írásos adatok bizonyítják, hogy csupán a harmadik évszázadban tették lehetővé a felhalmozódó üledékek a kikötő használatát, tehát ekkor alakultak ki az öbölben azok az egykori parti turzások, zátonyszigetek, melyek ma mint turzászigetek felosztják a Razelm-tavat (Razelm, Golovița, Zmeika, Sinoe). Ezek iránya megegyezik a Sărăturile sziget szerkezeti vonalaival, tehát feltételezhetően egyidősek és főleg a Sulina-ág és a Sf. Gheorghe-ág tengeri szakaszának előrehaladásával magyarázhatók.

A déli öveget feltöltődésével és az északi övezet fokozatos süllyedésével indult meg a múlt évezred közepe táján a lefolyó víztömegek északra tolódása. Ekkor a Chilia-ág már kialakította első szubdeltáját a Pardina süllyedékben és valószínűleg már átvágta a régi Chilia-félsziget északi részét, szerkezeti szigetté alakítva ezt az egységet és megkezdte második szubdeltájának, a Babinának kialakítását. Tekintettel a megnövekedett vízhozamokra és a nagy hordalékszállításra, a XVI–XVII-ik században megkezdődött a harmadik, a Kilia szubdelta kialakulása is. Számításaink szerint itt az elmúlt három évszázadban összesen 7,6 km³-nyi üledék képződött; a tenger színe felett a szubdelta területe meghaladja a 350 km²-t, míg 20 méter mélységig számítva a 640 km²-t. A Kilia szubdelta évente 121 métert halad dél felé, 80 métert keletre és 41 métert északra (PETERSCU, 1957). A növekedési ütemét az 5. ábrán lehet megfigyelni, melyet részben SZAMOILOV N. V. (1952) adatai alapján állítottunk össze.

c) A deltaágak mederállékonyasága változó. A Lohtin–Velikanov-féle mederváltozékonysági tényező a legkisebb értékű a Sulina-ágban, nagyobb a Sf. Gheorghe-ágban és a legnagyobb a Chilia-ágban, de általában véve nem mutat magas értékeket (10 alatt). A Sf. Gheorghe-ág csúcsán értéke 5,92 és gyorsan csökken 0,72-ig a torkolati szakaszon. Hasonlóképpen, a kanyargósági tényező 1,56 a Chilián, 1,60 a Sf. Gheorghen és 1,03 a szabályozott Sulinán.

A deltaágak közötti belvízi tér fejlődése egészében véve hasonlít a sík vidékek gátakkal elhatárolt belvízi területeinek fejlődéséhez. Ezek feltöltődése a nagyvízi időszakban a leggyorsabb, tehát tavasszal és a nyár elején. A gátakat



5. ábra. A Kilia szubdelta növekedési üteme (részben SZAMOILOV N. V. adatai alapján)

a deltában a turzások helyettesítik, melyeket a folyamatban levő polderesítés során sikeresen használnak fel a belvízi területek sejtekre való mesterséges felosztásánál.

A delta már február végén, márciusban kezd feltöltődni és ez a folyamat rendszerint május végéig tart. A behatóló víztömegek hordaléktöménysége átlagban 400 g/m^3 , ezért a helyi lakosság ezeket „sárga vizeknek” nevezi, míg az ősszel-télen visszatérőket „fekete-vizeknek” (hordaléktöménység 50 g/m^3 körül), hiszen ezek már a természetes ülepedés után tiszták és bennük hatásosan megnyilvánul a fekete tavi üledékek színe. Közepes értékben a Duna deltájának tározása 2,23 milliárd m^3 , de meghaladta már a 7 milliárdot is. Átlagban a behatóló víztömegből 780 000 tonna képződik, azaz 160 g/m^2 . A leülepedett iszap mennyisége nagy mértékben függ az illető területek, súlyyüledékek elszigeteltségi fokától. Az ágakhoz közeleső területen a fajlagos ülepedés meghaladja a 3500 g/m^2 évi értéket, viszont a Puiu – Roşu-tavakban alig éri el a 25 grammot. A víztömegek a pókhálószerűen bonyolódó csatornahálózaton át jutnak be a deltába és térnek vissza az ágakba. A főbb csatornákat a közlekedés megkönnyítése céljából mélyítik és szabályozzák. Ennek ellenére feltűnő az az elszigeteltség, ami a főágak és a belvízi területek között áramlástanilag fennáll. Jellemző pl. hogy a belvízes területeken a Duna által szállított hordalékoknak csupán 1,15%-a ülepszik le, a többi a tengerbe kerül.

Napjainkban a belvízi területek vízmérlegét rendszeresen megfigyelik, sőt sok helyen irányítják a nád és halgazdálkodás érdekeinek megfelelően.

A belvízi területek fokozatos feltöltődése csökkenő irányzatot mutat, ezzel együtt pedig csökken a behatóló hordalékok átmérője is (III. táblázat).

A szemcsősségtétel függőleges irányú változása a Duna-deltájának belvízes területein (Gorgova-sílyüledék, Litcov-csatorna (BANU, 1965)

III. táblázat

Mélység (m)	Homok %	Por %	Agyag %
2,70	7	42	51
5,00	6	59	35
8,60	17	64	19
10,80	30	53	17
13,00	70	22	8
17,40	89	8	3

A tenger vízállásingadozásai és ezek hatása a Duna-delta fejlődésére

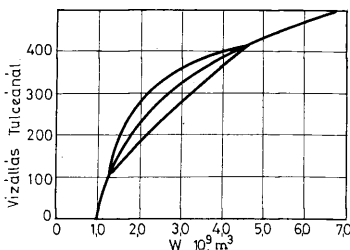
A Duna-deltában a legnagyobb a vízjáték az első elágazásnál (Csátálnál), hol meghaladja az 5 m-t és fokozatosan csökken a torkolat irányában, ahol nagy vonalakban megegyezik a tenger vízállásingadozásaival, ami Sulinánál csupán 120 cm körül észlelhető több éves megfigyelési időszakban. Ez a kiegyenlítődés elsősorban a deltaágak mentén megy végbe a tenger vízállásingadozásainak hatására, de eléggé fontos szerepet kap ebben a deltavidék tározóképessége is (6. ábra). Tekintettel arra, hogy a tenger vízállásváltozásai jelentősen befolyásolják a Duna-ágak hosszanti vízszint-esését, a folyó torkolati energiaesökkenése és megszűnése térben rendkívül nagy változatosságot mutat. A delta hossza a Tulcea—Sulina-ágak vonalán 90 km. A kis vizeknél az esés 4–5 mm/km körül van. Ha tehát a tenger vízállása 0,5 m-el nő, a duzzasztás az egész deltára kiterjed; 1,0 m-es vízállásnövekedésnél a duzzasztás már Brailát is meghaladja. A közepes Duna vízállások esetén az ágakból áramló víz 2–4 km-re hatol be a tengerbe, de nagyobb esések esetén 8–10 km-re is kihat.

A Fekete-tenger szintingadozása a következő tényezők hatására jön létre:

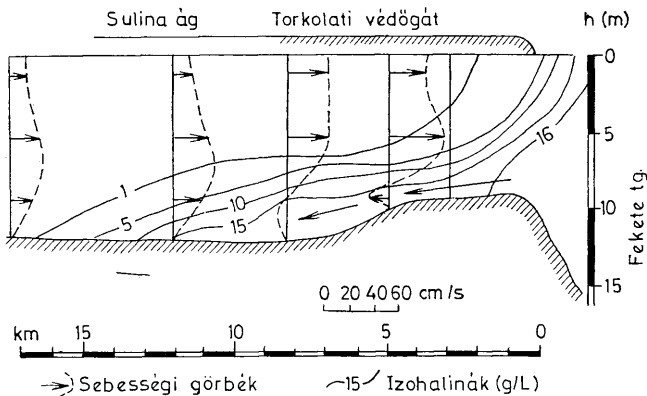
a) A vízméregl évszakonkénti változása következtében a vízállások játéka 15–25 cm.

b) A tengerjárás 8–12 cm amplitudóval rendelkező dagály-apály hullámokat idéz elő, melyek közepes periódusa 12 óra. A dagályhullámok a kis vízállás idején 20–25 km-re hatolnak be az ágakon, máskor viszont hiányozhatnak.

c) A keleti szél duzzasztást idéz elő, a nyugati szél pedig apaszt. A duzzasztás idején a vízjáték 50–80 cm körül van; esetenként gyakori az ágakba hatoló tengervíz-ék, ami a medrek fenekén igazi ellenáramlást jelent (7. ábra). Ilyenkor a Duna víztömegei jól elhatárolt hidrofrofront alkotnak a delta előterében, mely 1–4 km távolságra található a partoktól. Nyugati szél esetén az 50–100 g/m³-es hordaléktöménységű dunai víztömegek elérik a 40 km távolságra található Kígyók-szigetét is (Szovjetunió). A déli szél szintén szét-szóródást eredményez, míg az északi nyomban délre téríti a folyó vizeit és ezek az odesszai áramlat vonalán 200–300 km távolságra is észlelhetők. 1945 és 1960 között 93 esetben figyeltek szél-duzzasztást (egy esetben 1 méter vízjátékkal) és 32 esetben apasztást (három esetben 40–50 cm vízjátékkal).



6. ábra. A Duna-delta tározási görbéje (22)



7. ábra. Tengervíz-ék a Sulina-ágban

A hullámzás hatása szintén jelentős, de csak időleges változásokat eredményez. Rendszerint a lidóvonalakat zúzza szét, melyek viszont a tengeráramlatok hatására rövidesen regenerálódnak közelebb vagy távolabb a delta központjától. Így jönnek létre az épülő és a visszahúzódó partszakaszok a lidók övezetében (4. ábra).

d) A napjainkban végbemenő transzgresszió, mely BANU A. C. szerint a Fekete-tenger pozitív vízmérlegéből adódik (?) eléri az évi 2 mm átlagot, melyhez még hozzáadható az a 0,5 mm-es érték ami a földkéreg süllyedésének az eredménye (ZSIVAGO A. az északi partvidéken 2 mm-t észlelt!).

A transzgresszió eredményeként a deltaágak, valamint ezek parti turzásai fokozatosan emelkednek, viszont a belvízi területek feltöltődése lemarad, mígnem a behatoló víztömegek mennyisége annyira meg nem nő, hogy biztosítsa a különbség kiegyenlítését.

* * *

A fentiekben igyekeztünk vázolni egy sor alapvető törvényszerűséget, melyek a Duna deltájában jellegzetesek és amelyek az utóbbi évek kutatási eredményeként körvonalazódtak. Ezeknek az ismerete alapvetően fontos a delta ésszerű, gazdasági szempontjából való értékesítésénél. Az üledékképződés folyamata döntően befolyásolja ennek a fiatal, most képződő szárazföldnek a fejlődését.

Irodalom

- ANDRUSOV, N. D. (1890): Die Schichten von Cap Tschauda Ann. K. K. Nat. Histor. Hofmuseum, 5.
 ANTIPA, GR. (1910): Das Überschwemmungsgebiet der unteren Donau. Inst. geol. Rom. IV.
 ANTIPA, GR. (1941): Marea Neagră Acad. Rom. Publ. Fond. V. Adamachi. I. 60.
 ARHANGELSKIJ, A. D.—SZTRAHOV, N. M. (1938): Geologiceszkoje sztroenie i razvitie Csernogo Morja. Izd. A. N. SzSzsZR. Moszkva
 BANU, A. C. (1971): Delta Dunării. (Dokt. diss. kézirat), Bucureşti

- BANU, A. C.—RUDESCU, L. (1965): Delta Dunării. Ed. Științifică, Buc.
- BRĂTESCU, C. (1922): Delta Dunării, geneza și evoluția sa morfologică. Bul. Soc. Geogr. Rom. t. XLI, Buc.
- BRĂTESCU, C. (1935): Delta Dunării, geneza și evoluția ei morfologică și cronologică. Bul. Acad. Rom., Sect. știință (17.7)
- BRĂTESCU, C. (1942): Oscilațiile de nivel ale apelor și bazinului Mării Negre în cuaternar. Bul. Soc. Geogr. Rom. t. LXI, Buc.
- CVIIC, S. (1908): Entwicklungsgeschichte des Eisernen Tores. Erght. Nr. 160 zu Pet. Mitt., Gotha
- FEDOROV, P. V. (1960): Sztratiografia oszetverticsnih otlozenij Ponto-Kaszpja. Hronologija i klimatü oszetverticsnogo perioda. 4.
- FEDOROV, P. V.—SKIBA, L. A. (1961): Oscilațiile nivelului Mării Negre și Mării Caspice în holocen, An. rom.—sov., ser. Geol.-geogr. 1.
- LITEANU, E.—GHENEA, C. (1966): Cuaternarul din Romania. Studii tehn. ec. Comit. Geol. Rom. ser. H. nr. 1.
- LITEANU, E.—PRICAJAN, A.—BALTAO, G. (1961): Transgresiunile cuaternare ale Mării Negre pe teritoriul Deltei Dunării. Stud. cercet. de geol. Acad. R.P.R. tom. VI. nr. 4.
- MARTONNE, E., DE. (1902): La Valschie. Paris
- MURATOV, M. V. (1952): Istoria bazinului Mării Negre în legătură cu dezvoltarea regiunilor inconjurătoare. An. Rom—sov. ser. geol. geogr. nr. 7.
- MURATOV, M. V. (1961): Istoricul cuaternar al bazinului Mării Negre și compararea acestuia cu istoricul Mării Mediterane. An., Rom.—sov. ser. geol. geogr. nr. 3.
- NASTASSE, GH. I. (1932): Peuce, contribuția la cunoașterea geografică, fizică și omenească a Deltei Dunării în antichitate. Bul. Soc. Rom. Geogr. nr. 51.
- PETRESCU, L. GH. (1957): Delta Dunării. Geneză și evoluție. Ed. St. Buc.
- POPF, N.—IONESCU, N. (1958): Foraje în Delta Dunării. Interpretarea geomorfologică și hidrogeologică. Hidrobiologia. I. Ed. Acad. R.P.R.
- POPF, N. (1959): Contribuții la cunoașterea litologiei și hidrogeologică a Deltei fluviale în zona canalului Sulina în vederea amenajării stuficole. Celuloză și hirtie. nr. 2.
- POPF, N. (1962): Caracterizarea litologică a pământurilor Deltei Dunării pe baza datelor de foraj. Meteorologia, hidrologia și gosp. apelor. An. VII. nr. 2.
- PFANNENSTIEL, M. (1950): Die Quartärgeschichte des Donaudeltas. Bonner Geogr. Abhandl., Bonn
- RUDESCU, L.—NICULESCU, C.—CHIVU, I. P. (1965): Monografia stufului din Delta Dunării. Ed. Acad. R. S. R. Buc.
- SZAMOJLOV, I. V. (1952): Ustja rek. Geografiz. Moskva
- SCHPRATT, T. (1857): Reports on the comparative conditions of the branche of the Danube. C. E. D.
- SZEMENOV-TIENSANSZKIJ, V. (1908): K voprosu o narasztanii Deltü Dunaja. Izv. R. G. O. t. 44, vüp. II. S. Peters-
hb.
- SLANAR, H. (1945): Zur Kartographie und Morphologie des Donaudeltas. Mitt. der geogr. Gesellschaft, Wien
- TÖRY K. (1952): A Duna és szabályozása. Budapest
- ÚJVÁRI, I. (1972): Geografia apelor României. Ed. Științifică, Buc.
- VALSAN, GH. (1934): Nouvelle hypothèse sur le delta de Danube. Comptes rendus du Congr. Intern. de Géogr. t. II, Varsó
- WENZ, W. (1942): Die Molusken des Pliozäns des rumänischen Erdölgebietes. Senckenbergiana, 24.
- (1963): Zona de vărsare a Dunării. Monografie hidrologică. Ed. Tehn. Buc.