

SCURGEREA DE IONI DIZOLVAȚI ÎN APA DUNĂRII LA VĂRSAREA ÎN MAREA NEAGRĂ

C.Bondar și Georgeta State

Institutul de Meteorologie și Hidrologie - București

Data fiind creșterea ritmului de impurificare a apelor de suprafață sub influența industrializării și a chimizării agriculturii, în perioada care a urmat celui de al doilea război mondial, s-au luat o serie de măsuri privind urmărirea prin analize și determinări de laborator a compoziției chimice a acestor ape. Astfel, în cadrul acțiunilor întreprinse au fost colectate periodic probe de apă din Dunăre, în zona de vărsare în Marea Neagră a fluviului, probe care au fost supuse diverselor analize chimice. O serie de rezultate ale analizelor efectuate în trecut au fost publicate (1, 2, 3). Pe baza materialelor publicate și a rezultatelor cercetărilor hidrologice din ultimii ani pe fluviul Dunărea s-au sistematizat și prelucrat datele referitoare la compoziția principalilor ioni dizolvați în apa Dunării în zona de vărsare în Marea Neagră.

Rezultatele acestor prelucrări sînt prezentate în lucrarea de față.

CARACTERISTICILE COMPOZIȚIEI IONILOR DIZOLVAȚI ȘI A MINERALIZĂRII APEI

Pentru a pune în evidență caracteristicile compoziției

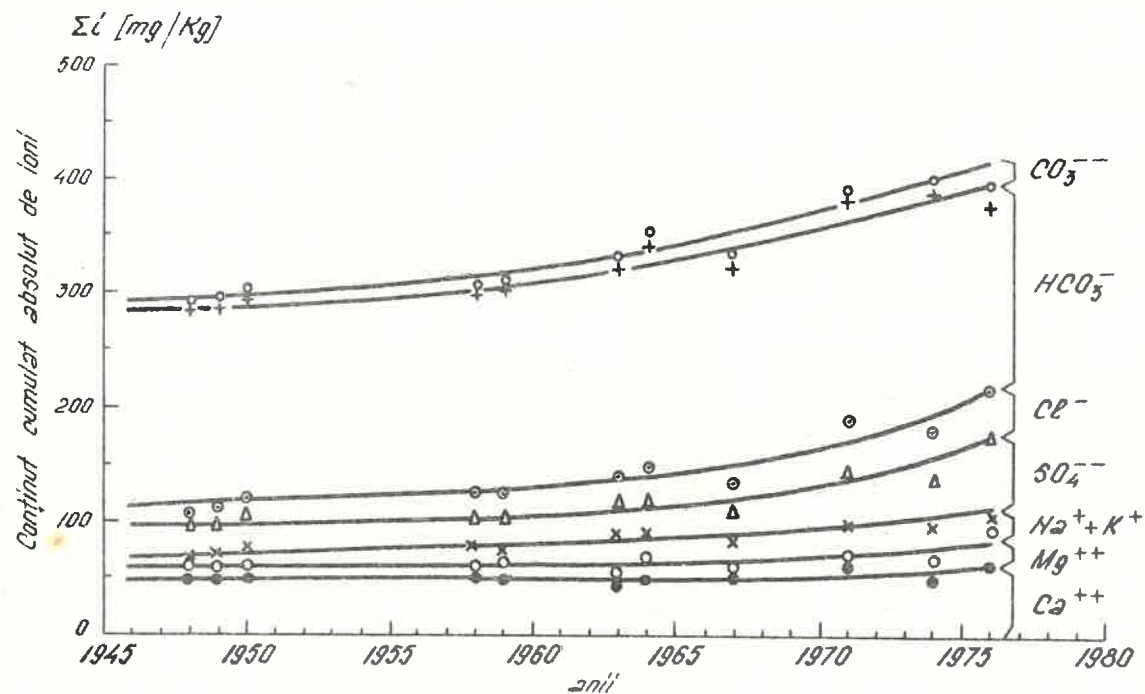


Fig.1 - Graficele de variație în timp a conținutului absolut (cumulat) de ioni dizolvați în apa Dunării la intrarea în Delta Dunării (Ceatal Izmail) în perioada 1946 - 1976.

ionilor dizolvați în apa Dunării și a mineralizării s-au utilizat datele directe rezultate din analizele chimice efectuate în intervalul anilor 1948 - 1950 (1), 1958 - 1959 (1), 1963 - 1964 (3) și acelea efectuate în 1976 de către Institutul de meteorologie și hidrologie din București. Datele analizelor (Tabelul 1 - rîndurile încadrate cu linii groase) se referă la probele de apă colectate din Dunăre în zona cuprinsă între portul Reni (URSS) și portul Tulcea (R.S.România).

Din analiza rezultatelor (Tabelul 1) se constată că apele Dunării sînt puternic bicarbonate prin conținutul ridicat al ionului HCO_3^- (mai mult de 50%). Sub aspectul sarcinilor electrice, apa Dunării este bogată în ioni negativi (anioni) mai mult de 75%.

Cu datele directe ale compoziției ionilor s-au construit graficele de variație în timp ale valorilor cumulate absolute și relative ale conținutului de ioni (Fig. 1 și 2). Pe abscisă s-a trecut timpul (anii) iar pe ordonată conținutul cumulat absolut ($\sum i$) și relativ ($\overline{\sum i}$) al ionilor, determinat cu relațiile:

$$\sum i = \frac{\text{CO}_3^-}{\text{Ca}^{++}} \quad (1)$$

în care: $\sum_{\text{Ca}^{++}}^{\text{CO}_3^-} i$ este mineralizarea obținută din suma masică a principalilor cationi și anioni, începînd cu Ca^{++} și terminînd cu CO_3^- .

$$\overline{\sum i} = \frac{\sum_{\text{Ca}^{++}}^i i}{\sum i} \quad (2)$$

în care: $\sum_{\text{Ca}^{++}}^i i$ este suma masică a ionilor începînd de la Ca^{++} , pînă la ionul considerat (1).

$\overline{\sum i}$ - valoarea relativă cumulată a ionilor începînd de la Ca^{++} pînă la ionul considerat (1).

Curbele ($\sum i$) din figura 1 indică tendința de evoluție în timp a mineralizării absolute (suma masică a ionilor) a apei Dunării în zona de vărsare în Marea Neagră. Astfel din datele directe rezultă

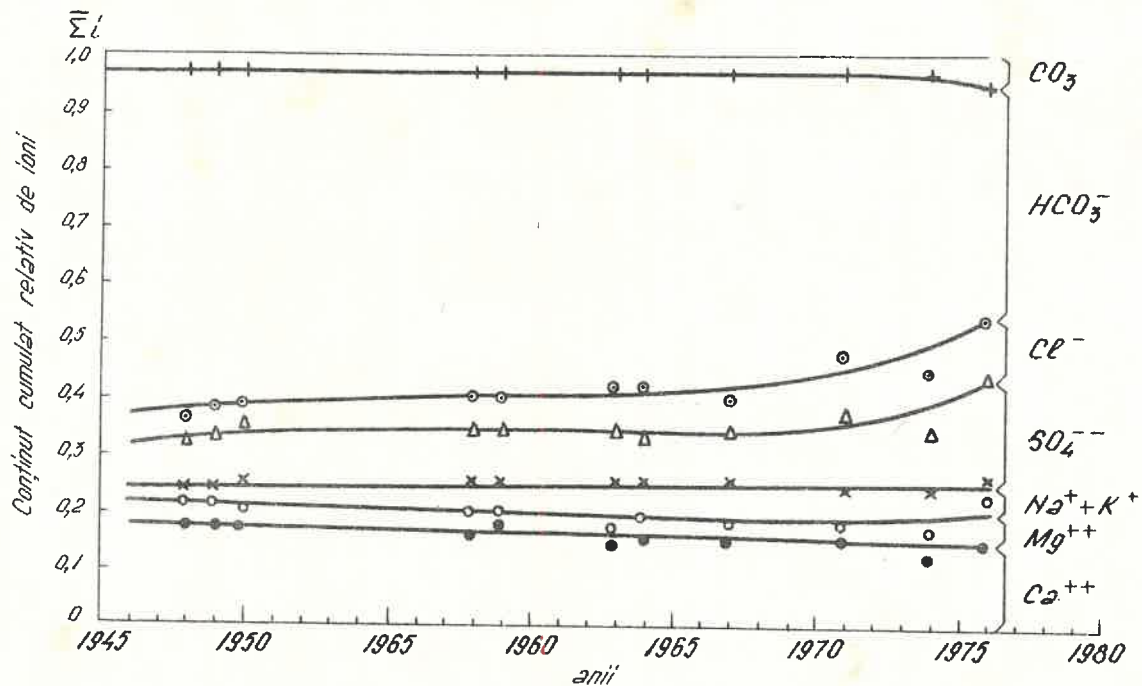


Fig. 2 - Graficele de variație în timp a conținutului relativ (cumulat) de ioni dizolvați în apa Dunării la intrarea în Delta Dunării (Ceatal Izmail) în perioada 1946 - 1976.

că în perioada anilor 1948 - 1976, mineralizarea apei Dunării la vărsarea în Marea Neagră a crescut de la 292mg/kg la cca 400mg/kg.

Modul de dispunere al punctelor în figurile 1 și 2, a permis trasarea unui sistem de curbe care arată tendința de variație în timp, pe intervalul anilor 1948-1976, a compoziției absolute și relative a ionilor dizolvați în apa Dunării. Din examinarea sistemului de curbe din figura 2, rezultă creșterea în timp a conținutului relativ al ionilor de SO_4^{--} și Cl^- , concomitent cu descreșterea conținutului relativ de ioni de Ca^{++} și HCO_3^- .

Pe baza sistemului de curbe din figurile 1 și 2, s-au putut face interpolări între anii cu date directe de analize chimice, obținând în acest mod conținutul relativ și absolut al ionilor din apa Dunării pe întregul șir de ani 1946-1975 (Tabelul 1).

SCURGEREA DE IONI ȘI DE SARURI DIZOLVATE ÎN APA

Cu datele directe și cu cele rezultate din interpolări ale compoziției absolute ale ionilor și ale mineralizării apei Dunării, s-au calculat debitele medii anuale de ioni și de săruri totale, vărsate de fluviul Dunărea în Marea Neagră (Tabelul 1). Calculul s-a făcut pe baza relației următoare:

$$R_{\sum i} = Q \cdot \sum i \quad (3)$$

în care: $R_{\sum i}$ este debitul mediu anual de săruri dizolvate în apă
 Q - debitul de apă mediu anual
 $\sum i$ - mineralizarea, medie anuală determinată cu relația (1).

Debitele de apă medii anuale s-au extras din studiile hidrometrice anuale, întocmite de Institutul de meteorologie și hidrologie.

Cu datele rezultate din aceste calcule, s-au putut determina mai departe volumele anuale de apă și respectiv cantitățile anuale de săruri și de ioni vărsate de fluviu în mare cu ajutorul relațiilor:

$$W = Q \cdot T \quad (4)$$

$$S_{\sum i} = R_{\sum i} \cdot T \quad (5)$$

$$S_i = S_{\sum i} \cdot \frac{i}{\sum i} \quad (6)$$

Tabelul 1

Valori medii anuale ale debitelor de apă și de săruri, ale mineralizării apei și ale concentrației ionilor dizolvați în apa Dunării la vărsarea în Marea Neagră (Ceatal Izmail), în perioada 1946 - 1976

| Anul | Q m ³ /s | Ioni dizolvați mg/kg | | | | | | | Σ i mg/kg | R Σ i kg/s |
|------|------------------------|----------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|
| | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | SO ₄ ⁻⁻ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ⁻⁻ | | |
| 1946 | 4820 | 49,5 | 10,5 | 10,1 | 20,2 | 15,0 | 177,0 | 9,7 | 292,0 | 1407,4 |
| 1947 | 4960 | 49,5 | 10,7 | 10,2 | 20,5 | 14,4 | 177,0 | 9,7 | 292,0 | 1448,3 |
| 1948 | 6630 | 49,7 | 11,6 | 8,2 | 24,2 | 13,0 | 176,5 | 8,8 | 292,0 | 1935,9 |
| 1949 | 4410 | 51,2 | 9,8 | 11,2 | 24,6 | 14,8 | 174,3 | 9,1 | 295,0 | 1300,9 |
| 1950 | 4550 | 50,8 | 9,4 | 14,8 | 30,3 | 13,8 | 175,2 | 9,1 | 303,4 | 1382,3 |
| 1951 | 6350 | 52,0 | 12,5 | 8,5 | 24,6 | 12,0 | 182,5 | 7,0 | 299,1 | 1899,3 |
| 1952 | 5520 | 53,0 | 14,0 | 8,5 | 25,0 | 13,0 | 183,0 | 7,3 | 303,8 | 1676,9 |
| 1953 | 6070 | 54,0 | 14,0 | 9,0 | 27,0 | 13,0 | 184,0 | 7,3 | 308,3 | 1871,4 |
| 1954 | 6040 | 54,0 | 13,6 | 10,0 | 27,5 | 13,5 | 184,0 | 7,3 | 309,9 | 1871,8 |
| 1955 | 8890 | 54,0 | 13,8 | 11,6 | 28,0 | 13,5 | 184,0 | 7,3 | 312,2 | 2775,5 |
| 1956 | 7430 | 54,2 | 13,7 | 11,8 | 28,5 | 13,7 | 184,0 | 8,0 | 313,9 | 2332,3 |
| 1957 | 6060 | 54,3 | 14,0 | 12,3 | 28,5 | 13,7 | 184,0 | 8,2 | 315,0 | 1908,9 |
| 1958 | 6460 | 49,1 | 11,3 | 13,3 | 28,5 | 19,5 | 174,3 | 8,7 | 306,7 | 1981,3 |
| 1959 | 5500 | 51,3 | 11,2 | 13,9 | 29,4 | 19,2 | 176,3 | 9,1 | 310,4 | 1707,2 |
| 1960 | 6600 | 53,0 | 13,3 | 13,5 | 29,0 | 15,0 | 183,0 | 8,3 | 315,1 | 2079,7 |
| 1961 | 5220 | 53,0 | 13,5 | 13,5 | 29,0 | 17,0 | 183,5 | 10,2 | 319,7 | 1668,8 |
| 1962 | 6520 | 54,0 | 13,3 | 16,0 | 29,0 | 18,0 | 184,2 | 10,2 | 324,7 | 2130,0 |
| 1963 | 6290 | 46,1 | 11,3 | 25,6 | 30,6 | 24,3 | 184,6 | 9,7 | 332,2 | 2089,5 |
| 1964 | 5700 | 52,0 | 13,4 | 22,7 | 29,4 | 28,4 | 195,0 | 10,2 | 351,1 | 2001,3 |
| 1965 | 8420 | 54,0 | 13,8 | 20,1 | 30,0 | 23,0 | 187,2 | 13,0 | 341,1 | 2872,1 |
| 1966 | 8110 | 54,0 | 15,2 | 21,0 | 33,0 | 25,0 | 189,0 | 13,5 | 350,7 | 2844,2 |
| 1967 | 7670 | 50,0 | 9,0 | 23,0 | 29,8 | 21,3 | 189,1 | 9,6 | 331,8 | 2544,9 |
| 1968 | 5680 | 53,0 | 17,5 | 22,0 | 33,0 | 30,5 | 189,5 | 17,0 | 362,5 | 2059,0 |
| 1969 | 6990 | 54,0 | 17,7 | 23,5 | 34,0 | 32,0 | 190,0 | 18,0 | 369,2 | 2580,7 |
| 1970 | 9290 | 54,0 | 18,0 | 24,8 | 37,5 | 36,0 | 190,2 | 18,0 | 378,5 | 3516,3 |
| 1971 | 5560 | 59,0 | 12,8 | 24,2 | 48,5 | 42,5 | 194,0 | 11,3 | 392,3 | 2181,2 |
| 1972 | 6390 | 54,5 | 18,0 | 24,8 | 42,0 | 40,0 | 189,3 | 18,5 | 387,1 | 2512,5 |
| 1973 | 5910 | 55,0 | 19,0 | 24,5 | 44,0 | 43,0 | 189,0 | 18,7 | 393,2 | 2323,8 |
| 1974 | 7150 | 49,0 | 18,2 | 26,5 | 42,9 | 41,6 | 207,4 | 11,4 | 397,0 | 2838,5 |
| 1975 | 7940 | 58,0 | 21,0 | 20,2 | 53,5 | 48,0 | 185,0 | 19,2 | 404,9 | 3214,9 |
| 1976 | 6420 | 60,9 | 30,2 | 13,7 | 71,2 | 38,7 | 160,6 | 20,2 | 395,5 | 2539,1 |

- in care: W este volumul de apă vărsat anual de Dunăre în mare
 T - timpul pe durata unui an
 $S = \sum_{i=1}^n$ - cantitatea de săruri vărsată anual de fluviu în mare
 S_i - cantitatea masică a ionului (i) vărsată anual de fluviu în mare
 i - concentrația masică a ionului (i) în apa Dunării.

Rezultatele calculelor (Tabelul 2) prezentate grafic (Fig. 3) ilustrează clar variația în timp a volumelor anuale de apă și a cantităților anuale de săruri vărsate de fluviul Dunărea în Marea Neagră în intervalul anilor 1946 - 1976. Se constată că aportul de săruri ale fluviului Dunărea în Marea Neagră crește în timp. În intervalul anilor 1946 - 1976, media scurgerii de apă a fost de $203,04 \text{ km}^3$, iar cea de săruri de 66.106.000 tone, cu o creștere a concentrației de săruri de la 292 mg/kg la 400 mg/kg.

L'ÉCOULEMENT D'IONS DISSOUS DANS LE DANUBE À SA CONFLUENCE AVEC LA MER NOIRE

Résumé

L'analyse des données des mesurages directs du chimisme des eaux du Danube à l'entrée dans le Delta et à la confluence avec la mer Noire (Tableau 1) rend évident le fait que les eaux du Danube ont une teneur élevée en bicarbonate par le contenu élevé de l'ion de HCO_3^- (plus de 50%). La minéralisation de l'eau du Danube (la somme des principaux cations et anions Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} , K^+ , SO_4^{--} , Cl^- , HCO_3^- et CO_3^{--}) dans la zone de la confluence avec la mer Noire est d'environ 326 mg/kg. Quant aux charges électriques, l'eau de Danube est riche en anions (plus de 75%). Entre les années 1948 et 1976, la minéralisation du Danube à sa confluence avec la mer Noire s'est accrue depuis 292 mg/l jusqu'à approximativement 400 mg/l (Fig. 1). Simultanément avec l'accroissement absolu de la minéralisation des eaux du Danube se produit une modification de la composition relative des ions (Fig. 2). On observe une croissance de contenu relatif d'ions de SO_4^{--} et Ca^{++} et HCO_3^- . Entre les années 1948-1976 l'écoulement d'eau du Danube aux embouchures a été de $203 \text{ km}^3/\text{an}$, tandis que l'écoulement de

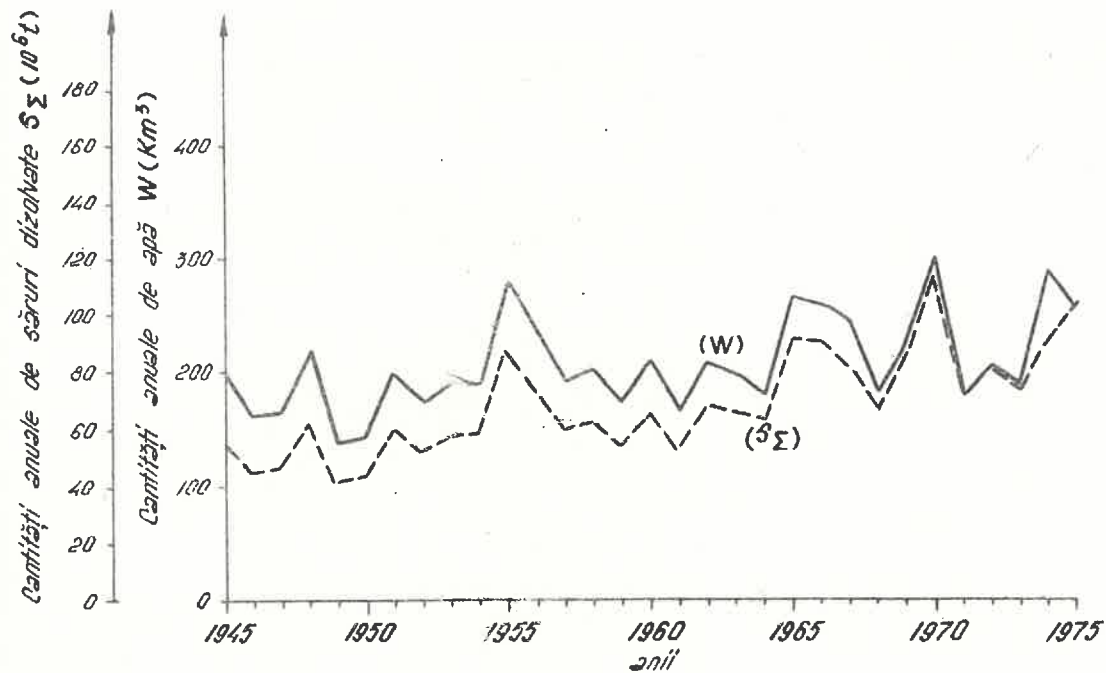


Fig.3 - Graficele de regim ale cantităților anuale de apă de săruri dizolvate, vărsate de fluviul Dunărea în Marea Neagră în perioada 1946 - 1975.

Tabelul 2

**Cantități anuale de apă și de săruri, precum și de ioni
dizolvați, vărsate de fluviul Dunărea în Marea Neagră
în perioada 1946 - 1976**

| Anul | W km ³ | Σ S _i 10 ⁶ t | Si Ioni dizolvați 10 ⁶ t | | | | | | |
|------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | SO ₄ ⁻ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ⁻ |
| 1946 | 152,0 | 44,38 | 7,52 | 1,60 | 1,54 | 3,07 | 2,28 | 26,90 | 1,47 |
| 1947 | 156,4 | 45,67 | 7,75 | 1,67 | 1,59 | 3,21 | 2,25 | 27,68 | 1,52 |
| 1948 | 209,1 | 61,05 | 10,39 | 2,42 | 1,72 | 5,06 | 2,72 | 36,91 | 1,84 |
| 1949 | 139,1 | 41,02 | 7,12 | 1,36 | 1,56 | 3,42 | 2,06 | 24,24 | 1,26 |
| 1950 | 143,5 | 43,58 | 7,29 | 1,35 | 2,13 | 4,35 | 1,98 | 25,17 | 1,31 |
| 1951 | 200,2 | 58,89 | 10,41 | 2,50 | 1,70 | 4,92 | 2,40 | 36,54 | 1,40 |
| 1952 | 174,1 | 52,88 | 9,22 | 2,44 | 1,48 | 4,35 | 2,26 | 31,85 | 1,27 |
| 1953 | 191,4 | 59,01 | 10,33 | 2,68 | 1,72 | 5,17 | 2,49 | 35,22 | 1,40 |
| 1954 | 190,5 | 59,03 | 10,28 | 2,59 | 1,90 | 5,24 | 2,57 | 35,05 | 1,39 |
| 1955 | 280,3 | 87,53 | 15,60 | 3,85 | 3,23 | 7,81 | 3,76 | 51,31 | 2,03 |
| 1956 | 234,4 | 73,55 | 12,70 | 3,21 | 2,76 | 6,68 | 3,21 | 43,11 | 1,87 |
| 1957 | 191,1 | 60,20 | 10,38 | 2,67 | 2,35 | 5,45 | 3,62 | 35,16 | 1,57 |
| 1958 | 203,7 | 62,48 | 10,00 | 2,30 | 3,12 | 5,81 | 3,97 | 35,50 | 1,77 |
| 1959 | 173,4 | 53,84 | 8,90 | 1,94 | 2,41 | 5,10 | 3,33 | 30,58 | 1,58 |
| 1960 | 208,1 | 65,58 | 11,03 | 2,77 | 2,81 | 6,04 | 3,12 | 38,09 | 1,73 |
| 1961 | 164,6 | 52,63 | 8,59 | 2,19 | 2,19 | 4,70 | 2,75 | 29,74 | 1,65 |
| 1962 | 206,9 | 67,17 | 11,17 | 2,75 | 3,31 | 5,60 | 3,72 | 38,10 | 2,11 |
| 1963 | 198,4 | 65,89 | 9,14 | 2,24 | 5,08 | 6,07 | 4,82 | 36,61 | 1,92 |
| 1964 | 170,8 | 63,11 | 9,35 | 2,41 | 4,08 | 5,28 | 5,10 | 35,05 | 1,83 |
| 1965 | 265,5 | 90,57 | 14,34 | 3,66 | 5,34 | 7,96 | 6,11 | 49,70 | 3,45 |
| 1966 | 255,8 | 89,69 | 13,81 | 3,89 | 5,37 | 8,44 | 6,39 | 48,33 | 3,45 |
| 1967 | 241,9 | 80,25 | 12,09 | 2,18 | 5,56 | 7,21 | 5,15 | 45,74 | 2,32 |
| 1968 | 179,1 | 64,93 | 9,49 | 3,13 | 3,94 | 5,91 | 5,46 | 33,94 | 3,04 |
| 1969 | 220,4 | 81,38 | 11,90 | 3,90 | 5,18 | 7,49 | 7,05 | 41,88 | 3,97 |
| 1970 | 293,0 | 110,89 | 15,80 | 5,27 | 7,26 | 10,99 | 10,55 | 55,72 | 5,27 |
| 1971 | 175,3 | 68,79 | 10,34 | 2,24 | 4,24 | 8,50 | 7,45 | 34,00 | 1,98 |
| 1972 | 201,5 | 79,23 | 11,15 | 3,68 | 5,08 | 8,00 | 8,19 | 38,74 | 3,78 |
| 1973 | 186,4 | 73,28 | 10,25 | 3,54 | 4,57 | 8,20 | 8,01 | 35,22 | 3,41 |
| 1974 | 225,5 | 89,51 | 11,05 | 4,10 | 5,97 | 9,67 | 9,38 | 46,76 | 2,57 |
| 1975 | 250,4 | 101,38 | 14,52 | 5,26 | 5,06 | 13,39 | 12,02 | 40,32 | 4,81 |
| 1976 | 202,5 | 380,07 | 12,33 | 6,11 | 2,77 | 14,41 | 7,83 | 32,51 | 4,09 |

sels est d'environ 66.000.000 tonnes/an (Tableau 2).

BIBLIOGRAFIE:

1. ALMAZOV A.M., MAISTRENCO I.M., 1963 - Ghidrohicheskaja i ghidrohicheskaja karakteristika sovetskogo uciastka Dunajia. Dunaj i pridunajskie vodoemî v predelah SSSR. Izdatelstvo Akademii Nauk Ukrainsoi SSR, Kiev.
2. ALMAZOV A.M., BONDAR C., DIACONU C., GHEDERIM V., MIHAILOV V., MITA P., NICHIFOROV I., RAI I., RODIONOV N., STANESCU S., STANESCU V., VAGHIN N., 1963 - Zona de vărsare a Dunării. Monografie hidrologică, București.
3. STANESCU V. ș.a., 1967 - Dunărea între Baziaș și Ceatal Izmail. Monografie hidrologică, București.
4. Comisia de hidrologie a Academiei R.S.R., 1967 - Limnologia sectorului românesc al Dunării. Studiu monografic. Editura Academiei R.S.R., București.