

CONSIDERAȚII ASUPRA DISTRIBUȚIEI ȘI CIRCULAȚIEI METALELOR Mn, Zn, Cr, Cu, Pb, Fe, ÎN ECOSISTEMELE ACVATICE DIN COMPLEXUL MATIȚA—MERHEI (DELTA DUNĂRII)

C. GONZALES, A. VADINEANU, A. N. MUHAMED

Fluxul de energie și circuitul elementelor minerale, reprezintă două procese complementare, care se desfășoară la nivelul ecosistemelor naturale și care determină productivitatea biologică a acestora (6,2). Determinarea distribuției elementelor minerale, a concentrațiilor acestora în componentele majore ale ecosistemelor naturale și amenajate, a fenomenelor de transfer dintre compartimente, de acumulare și concentrare, au fost abordate în puține cazuri prin prisma principiilor analizei sistemice (4, 10).

În cadrul cercetărilor efectuate asupra ecosistemelor acvatice din Delta Dunării, cercetări aflate în curs de desfășurare, ne-am propus să realizăm o abordare unitară și în acest sens am acordat atenție atât problemelor energetice cât și problemelor circulației elementelor minerale. În această lucrare, pe baza rezultatelor parțiale de care dispunem, realizăm o evaluare a distribuției metalelor Mn, Zn, Cr, Cu, Pb, Fe, în compartimentele modelului homomorf diferențiat de noi pentru ecosistemele acvatice din deltă, și a fenomenelor de acumulare și concentrare care influențează profund circulația acestora.

MATERIAL ȘI METODĂ

Pe baza datelor care caracterizează structura biocenozelor din ecosistemele incluse în complexul Matița-Merhei și a criteriilor de agregare a componentelor și diferențiere a compartimentelor (10, 2) s-a stabilit modelul homomorf (fig. 1) care reprezintă cadrul de realizare a circulației elementelor minerale. În perioada 1982—1983 s-au prelevat și analizat 15 probe, fiecare probă fiind alcătuită din 36 unități de probă, câte 3 pentru fiecare din compartimentele indicate în tabelul 2.

Eșantioanele de apă (40—500 ml) au fost filtrate pe filtre din fibre de sticlă Selectron (0,45 μ), filtratul fiind folosit pentru determinarea concentrațiilor metalelor Mn, Cu, Zn, Cr, Pb, Fe în apă iar filtrele cu suspensiile reținute au fost uscate la 60°C timp de 30 h. Eșantioanele de zooplancton, fitoplancton și macrofite (vegetație submersă și plutitoare) au fost uscate de asemenea timp de 30 h la $t^{\circ} = 60^{\circ}\text{C}$. Eșantioanele de sediment și de origine animală au fost uscate timp de

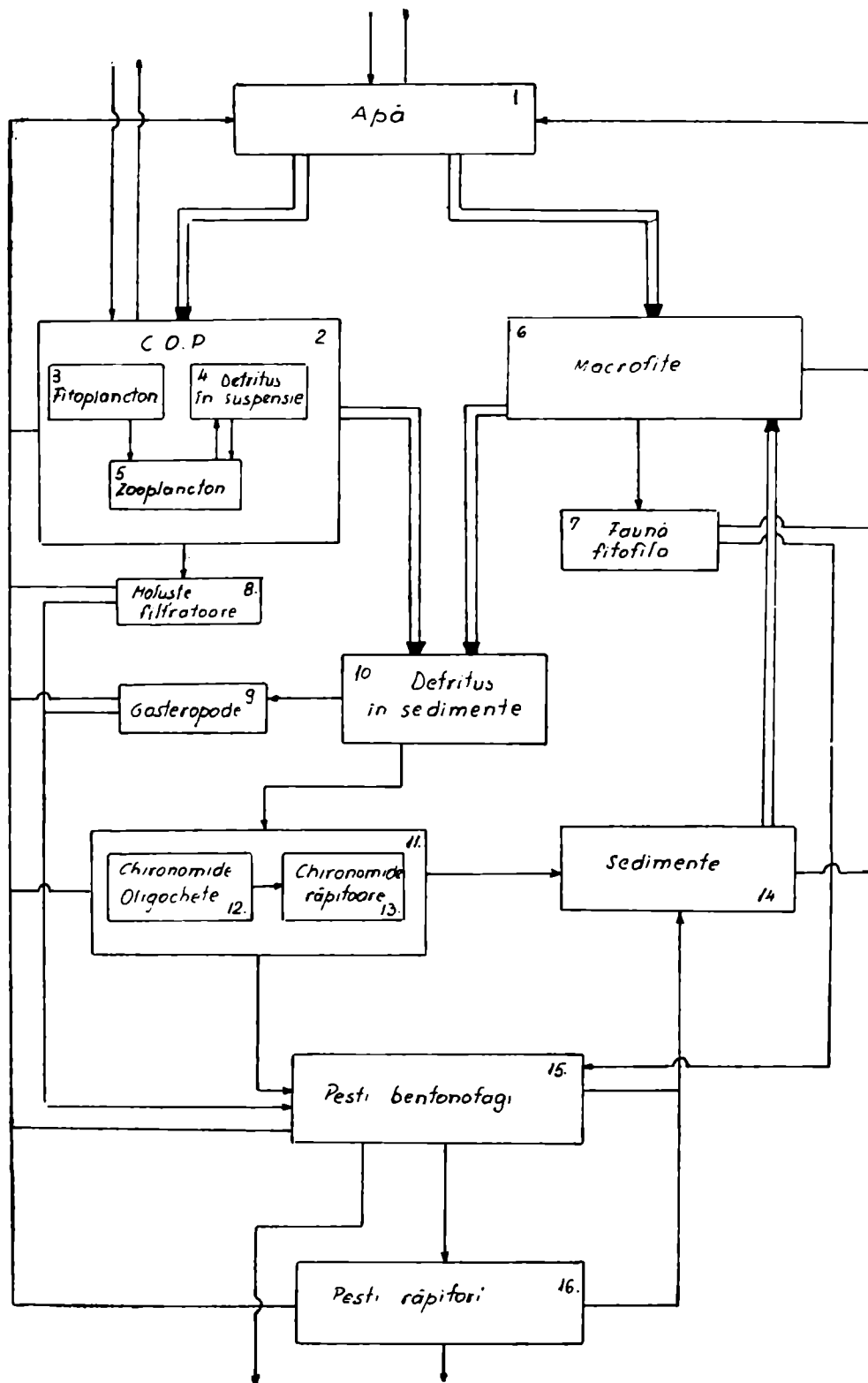


Fig. 1. DIAGRAMA MODELULUI HOMOMORF CORESPUNZĂTOARE CARACTERIZĂRII CIRCUITELOR ELEMENTELOR MINERALE (Mn, Cu, Zn, Cr, Pb, Fe) ÎN ECOSISTEMELE ACVATICE DIN DELTA DUNĂRII. C.O.P. - CARBON ORGANIC PARTICULAT.

30 h la $t^{\circ} = 105^{\circ}\text{C}$. La moluște și pești s-au diferențiat în prealabil subprobe reprezentând diferite organe și țesuturi.

Eșantioanele uscate au fost mojarate, omogenizate și ulterior subprobe de 0,5 g greutate uscată în cazul componentelor de origine vegetală și animală și 10 g în cazul sedimentelor au fost folosite pentru extracția elementelor.

În acest sens s-au utilizat metodele calcinării la 500°C și digestiei umede (1) în cazul tuturor eşantioanelor de origine vegetală și animală și metoda schimbului ionic într-o soluție de acetat de amoniu 1 M, pH 7 (1) pentru extracția din sedimentele în prealabil calcinate. Determinarea concentrațiilor metalelor urmărite după ce au fost aduse în soluție, s-a realizat prin metoda spectrofotometriei cu absorbție atomică, folosindu-se un spectrofotometru tip AAS-1.

Deși, rezultatele primare au arătat o diferențiere în spațiu și timp, pentru scopul urmărit în această lucrare am hotărât să folosim unitar toate datele primare obținute pentru fiecare compartiment, alcătuiind astfel probe a câte 45 valori care au fost analizate după metodele statistice obișnuite. Pentru calcularea factorilor de concentrare (C_{ij}) s-au folosit relațiile matematice și precizările incluse în tabelul 1 precum și valorile medii ale concentrației elementelor minerale (tab. 2). În aceste calcule, pentru compartimentul reprezentat de macrofite (fig. 1) s-au efectuat mediile valorilor înregistrate pentru vegetație submersă și plutitoare.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Valorile medii ale concentrației metalelor urmărite, exprimate în $\mu\text{g/g}$ greutate uscată și respectiv $\mu\text{g/l}$ sînt prezentate în tab. 2.

Analiza rezultatelor raportate evidențiază că în apă se găsesc cantități apreciabile de metale. Cantitățile mari de Mn ($2 \mu\text{g/l}$), Cr ($1,8 \mu\text{g/l}$), Pb ($1,3 \mu\text{g/l}$) și Cu ($24 \mu\text{g/l}$) sînt comparabile ca ordin de mărime cu valorile raportate pentru diferite ecosisteme acvatice aflate în faze diferite de poluare cu metale grele (5, 7).

Față de datele existente din 1978 cu privire la nivelul concentrațiilor de Zn ($137 \mu\text{g/l}$), Cu ($20 \mu\text{g/l}$), Fe ($490 \mu\text{g/l}$), în apele brațelor Sulina și Sf. Gheorghe (8) se observă că datele noastre sînt mai mari în cazul zincului și cuprului și mult mai mici pentru fier.

De asemenea subliniem nivelul mai ridicat al concentrației manganului în apele din zona cercetată față de nivelul ($0,7 \mu\text{g/l}$) apelor Mării Negre (5).

În ceea ce privește carbonul organic particulat și fracțiile sale, fitoplanctonul și zooplanctonul, se constată o creștere pronunțată a concentrațiilor de Cr ($3,8$ — $4,7 \mu\text{g/l}$ greutate uscată) și Pb ($3,3$ — $4,1 \mu\text{g/g}$ greutate uscată) față de concentrațiile înregistrate pentru apă.

Cu excepția fierului care înregistrează scăderi pronunțate ale concentrației în cazul fitoplanctonului ($53 \mu\text{g/g}$) și zooplanctonului ($94 \mu\text{g/g}$ greutate uscată) celelalte metale își mențin concentrațiile în aceleași domenii de valori. În cazul macrofitelor (vegetație submersă și plutitoare) se remarcă valori ridicate pentru Mn (24 — $30 \mu\text{g/g}$ greutate uscată), Cr ($5,6$ — $6,1 \mu\text{g/g}$ greutate uscată), Pb ($4,5$ — $5,5 \mu\text{g/g}$ greutate uscată), Cu (43 — $47 \mu\text{g/g}$ greutate uscată), față de valorile raportate pentru compartimentele analizate mai sus.

Fauna fitofilă care utilizează macrofitele ca suport și ca sursă de energie stochează cantități mari de Zn ($275 \mu\text{g/g}$ greutate uscată), Pb ($8,2 \mu\text{g/g}$ greutate uscată) și Fe ($187 \mu\text{g/g}$ greutate usc.). Se remarcă valorile mari ale concentrațiilor tuturor metalelor înregistrate în cazul moluștelor filtratoare. În mod deosebit trebuie să subliniem că aceste organisme reprezintă compartimentul care a realizat

INSTRUCȚIUNI DE CALCUL A FACTORILOR DE CONCENTRARE

(i = compartimentul în care se realizează transferul; j = compartimentul de la care se realizează transferul).

FACTOR DE CONCENTRARE	COMPARTIMENT		RELAȚIA DE CALCUL	
	i	j		
C _{1.2} C _{3.1} C _{6.1}	C.O.P. Fitoplancton Macrofite	apa apa apa	$C_{ij} = \frac{[\mu\text{g/g greut. uscată}]_i}{[\mu\text{g/l}]_j}$	
C _{5.2} C _{5.3} C _{7.6} C _{8.2} C _{8.3}	Zooplancton Zooplancton Faună fitofilă Moluște filtratoare Moluște filtratoare	C.O.P. Fitooplancton Macrofite C.O.P. Fitoplancton		$C_{ij} = \frac{[\mu\text{g/g greut. usc.}]_i}{[\mu\text{g/g greut. usc.}]_j}$
C _{11.10} C _{8.10} C _{15.11} C _{16.15}	Faună bentonică Macrofite Pești bentonofagi Pești răpitori	Detritus + sedimente Detritus sedimente Faună bentonică Pești bentonofagi		

* numerotarea este indicată în fig. 1

cel mai înalt nivel al concentrației manganului (54 $\mu\text{g/g}$ greutate uscată), această constatare completând concluziile altor autori, care constau în faptul că bivalvele ar fi capabile să stocheze cantități însemnate de mangan (3, 7).

Stratul superficial ($h = 5$ cm) al sedimentelor, care conține în cazul ecosistemelor studiate pînă la 30% detritus, înmagazinează cantități însemnate de Mn (9 $\mu\text{g/g}$ greutate uscată), Cr (2,1 $\mu\text{g/g}$ greutate uscată), Pb (3,7 $\mu\text{g/g}$ greutate uscată) precum și cantități mari de Zn (271 $\mu\text{g/g}$ greutate uscată) și Fe (370 $\mu\text{g/g}$ greutate uscată). Pentru compartimentele integrate într-unul din canalele principale de transfer a metalelor, canal care-și are originea în detritusul din sedimente, se evidențiază în mod deosebit valorile foarte mari înregistrate pentru Fe (490 $\mu\text{g/g}$ greutate uscată), Mn (32 $\mu\text{g/g}$) și Zn (267 $\mu\text{g/g}$) în cazul faunei bentonice cu tip de nutriție detritivor precum și valorile mari înregistrate la Pb, Cr, Zn și Mn în cazul peștilor bentonofagi și răpitori.

Cunoscînd conexiunile principale dintre compartimente (fig. 1) sensul în care se realizează schimburile dintre ele și nivelul mediu al concentrațiilor metalelor studiate în cadrul fiecărui compartiment se poate aprecia măsura în care elementele sînt antrenate în circuit și rolul îndeplinit de un compartiment sau altul în desfășurarea acestuia, dacă se calculează factorii de concentrare (tab. 1). Interpretarea valorilor factorilor de concentrare (tab. 3), s-a făcut avînd în vedere că un element este acumulat de un compartiment dacă valoarea factorului de concentrare este semnificativ mai mare decît zero și mai mică sau egală cu unitatea ($0 < C_{ij} \leq 1$) și este concentrat dacă valoarea factorului este semnificativ mai mare decît unitatea (4, 9). Prin prisma aceasta apreciem că în circuitul manganului este frecvent fenomenul de concentrare (de 1,5—15 ori) și numai peștii bentonofagi și fauna fitofilă intervin prin fenomene de acumulare.

Tabelul 2

DISTRIBUȚIA ELEMENTELOR Mn, Zn, Cr, Cu, Pb, Fe ÎN COMPONENTELE ECOSISTEMELOR ACVATICE DIN COMPLEXUL MATIȚA—MERHEI (DELTA DUNĂRII) (PENTRU APĂ VALORILE REPREZINTĂ $\mu\text{g/l}$ IAR PENTRU CELELALTE COMPONENTE $\mu\text{g/g}$ GREUTATE USCATĂ)

NR. CRT.	COMPARTIMENT	Mn	Zn	Cr	Cu	Pb	Fe
1.	Apa	$2 \pm 0,8$	$184 \pm 7,4$	$1,8 \pm 0,5$	$24 \pm 1,7$	$1,3 \pm 0,6$	$195 \pm 9,5$
2.	C.O.P.	$18,5 \pm 6,5$	$106 \pm 4,7$	$4,0 \pm 1,9$	55 ± 17	$4,1 \pm 1,2$	$228 \pm 7,4$
3.	Fitoplancton	$12,6 \pm 5,6$	$67 \pm 3,4$	$3,8 \pm 1,9$	37 ± 19	$3,3 \pm 0,8$	$53 \pm 1,2$
4.	Zooplancton	$17,4 \pm 5,2$	$146 \pm 16,7$	$4,7 \pm 1,6$	40 ± 13	$3,7 \pm 1,1$	$94 \pm 3,7$
5.	Vegetație submersă	$24,0 \pm 7,7$	$53 \pm 1,6$	$5,6 \pm 1,4$	43 ± 18	$4,5 \pm 0,9$	$79 \pm 2,3$
6.	Vegetație plutitoare	$30,4 \pm 9,4$	$47 \pm 1,3$	$6,1 \pm 2,2$	47 ± 14	$5,5 \pm 1,7$	$68 \pm 2,6$
7.	Faună fitofilă	$14,7 \pm 4,8$	$275 \pm 7,2$	$4,0 \pm 1,6$	40 ± 14	$8,2 \pm 3,9$	187 ± 25
8.	Moluște filtratoare	$54,0 \pm 16$	216 ± 12	$6,4 \pm 2,3$	37 ± 8	$7,3 \pm 1,1$	243 ± 14
9.	Sedimente + detritus	$9,0 \pm 3,8$	271 ± 11	$2,1 \pm 0,4$	36 ± 13	$3,7 \pm 0,9$	$370 \pm 9,4$
10.	Faună bentonică	$32,1 \pm 12,4$	$267 \pm 7,3$	$3,2 \pm 1,9$	25 ± 15	$4,5 \pm 1,3$	$490 \pm 15,4$
11.	Pești bentonofagi	$15,5 \pm 3,7$	162 ± 8	$4,2 \pm 2,4$	26 ± 16	$6,5 \pm 2,0$	$76 \pm 4,7$
12.	Pești răpitori	$22 \pm 6,4$	239 ± 11	$5,7 \pm 1,9$	24 ± 12	$8,3 \pm 2,7$	$96 \pm 6,3$

* Intervalul asociat valorilor medii este exprimat în funcție de eroarea standard (SE) (probele au fost de mărime $n = 45$).

VALORILE FACTORILOR DE CONCENTRARE, CALCULATE PENTRU Mn, Zn, Cr, Cu, Pb, Fe ÎN CAZUL COMPONENTELOR ECOSISTEMELOR ACVATICE DIN COMPLEXUL MATIȚA—MERHEI

NR. CRT.	FACTOR* CONCENTRARE	Mn	Zn	Cr	Cu	Pb	Fe
1.	C _{2,1}	9,25	0,58	2,2	2,3	3,1	1,2
2.	C _{3,1}	6,3	0,36	2,1	1,5	2,5	0,3
3.	C _{0,1}	13,0	0,27	3,2	1,9	3,8	0,4
4.	C _{5,2}	0,96	1,4	1,2	0,7	0,9	0,4
5.	C _{5,3}	1,4	2,2	1,2	1,1	1,1	1,8
6.	C _{7,6}	0,6	5,5	0,7	0,9	1,6	2,6
7.	C _{8,2}	2,9	2,0	1,6	0,7	1,8	1,1
8.	C _{9,3}	4,3	3,2	1,7	1,0	2,2	4,6
9.	C _{11,10}	3,5	0,98	1,5	0,7	1,2	1,3
10.	C _{9,10}	2,9	0,2	2,8	1,2	1,3	0,2
11.	C _{15,11}	0,5	0,6	1,3	1,0	1,4	0,15
12.	C _{14,15}	1,4	1,5	1,35	0,9	1,3	1,26

* factorii de concentrare s-au calculat după indicațiile incluse în tabelul 1

În circulația zincului și fierului frecvent este fenomenul de acumulare, intervenții clare prin fenomene de concentrare realizând numai fauna fitofilă și moluștele filtratoare. Se observă de asemenea că în desfășurarea circulației cuprului intervin prin fenomene de concentrare numai compartimentele reprezentate de producătorii primari.

În ceea ce privește circulația unora dintre cele mai toxice metale grele reprezentate de crom și plumb se constată că, cu excepția faunei fitofile în cazul circulației cromului, toate compartimentele intervin prin fenomene de concentrare.

Extinderea cercetării în spațiu și timp, precum și tratarea diferențiată a rezultatelor obținute din analiza probelor prelevate la diferite momente sau provenind din ecosisteme diferite ar putea asigura în viitor caracterizarea completă a circuitelor acestor metale grele și desigur ar reprezenta baza științifică pentru evaluarea efectelor ecologice determinate de poluarea efectuată prin intermediul lor și stabilirea corectă a concentrațiilor admise la deversarea reziduiilor în mediu.

BIBLIOGRAFIE

ALLEN E. S. (1974), Chemical analysis of ecological materials Blackwell Sci. Publi. Oxford.

BOTNARIUC N., VĂDINEANU A. (1982), Ecologie. Edit. Did și ped. București.

GHIRETTI F., SALVATO B., CARLUCCI S. (1972), Manganese in *Pinna nobilis*. *Experientia* 28, p. 232.

HUGHES K. M., LEPP W. N. (1980), Aerial Heavy metal pollution and terrestrial ecosystems in *Advances in ecological research* Edit. Macfadyen A., vol. 11, Academic press London.

MAJORI L., NEDOCLAN G., MODONUTTI B. G., DARI S. F. (1978), Levels of metal pollutants in sediments and biota of the Gulf of Trieste: a long term survey, in *Workshop on pollution of the Mediterranean* Antalya C.I.E.S.M., p. 219.

ODUM E. P. (1971), *Fundamentals of Ecology* W. B. Saunder's Company Philadelphia, Toronto.

ORLANDO E., MAURI M. (1978), Accumulation of manganese in *Donax trunculus* L. (Bivalvia), in *Workshop on pollution of the Mediterranean* Antalya, C.I.E.S.M., p. 297.

ȘERBĂNESCU O., PECHEANU J., MIHNEA R. (1978), Jons métalliques dans les eaux du Danube a l'embouchure et dans les eaux marines côtières (littoral roumain

de la mer Noire), in « Workshop on pollution of the Mediterranean Antalya C.I.E.S.M., p. 219.

VĂDINEANU A., GONZALES R. C. (1982), Zum kreislauf des magnesiums in terres-

trischen und aquatischen ökosystemen Anal. Univ. Buc., XXXI, p. 81–88.

VĂDINEANU A. (1982), Modelarea — instrument de cercetare fundamentală și de prognoză a comportamentului ecosistemelor. Pontus euximus II, p. 59.

SUMMARY

The distribution and transport of some heavy metals (Mn, Zn, Cr, Cu, Pb, Fe) are estimated on the measurements carried out in the Matița and Merhei lakes, during 2 years (1982, 1983).

The amounts of metals vary in wide ranges in any components of the homomorf model (fig. 1) identified for these ecosystems.

On these results (table 2) it is concluded that the concentrations of these heavy metals are similar with that reported for other polluted ecosystems.

It is also revealed that all components of the ecosystems are involved in the circulation of the heavy metals either by accumulation or by concentration processes (table 3).

Facultatea de biologie, Splaiul Independenței, nr. 91—95, 76201, București, România