
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

GIULIO QUIERAZZA, ELIO SMEDILE, ETTORE TIBALDI

**Sul trasferimento di alcuni radionuclidi attraverso gli
anelli di una catena alimentare fluviale. Nota
preliminare**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 46 (1969), n.1, p. 81-90.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1969_8_46_1_81_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Zoologia. — *Sul trasferimento di alcuni radionuclidi attraverso gli anelli di una catena alimentare fluviale.* Nota preliminare di GIULIO QUEIRAZZA, ELIO SMEDILE e ETTORE TIBALDI (*), presentata (**)
dal Corrisp. S. RANZI.

SUMMARY. — On the basis of examinations of the gut content, a food chain which ends at the predatory ichthyophagous *Esox lucius* was identified.

The results are reported of a comparative gamma-ray spectra study carried out on the ashes of organisms belonging to three trophic levels taken from a stretch of the Po river.

The largest number of radioelements under examination (^{65}Zn , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{40}K , ^{134}Cs , ^{137}Cs and ^{90}Sr) were found at a level of the primary producers. A first qualitative reduction was verified in the passage to the primary consumers. A more drastic discrimination was noted in the passage to the secondary consumer *Esox lucius*.

Nel quadro di una ricerca ecologica e radioecologica in corso sul fiume Po, le catene alimentari sono state oggetto di particolare attenzione (Parisi e coll., [21]). La serie di rapporti trofici che uniscono le varie componenti di un ecosistema è uno dei principali fattori che influiscono sulla dinamica

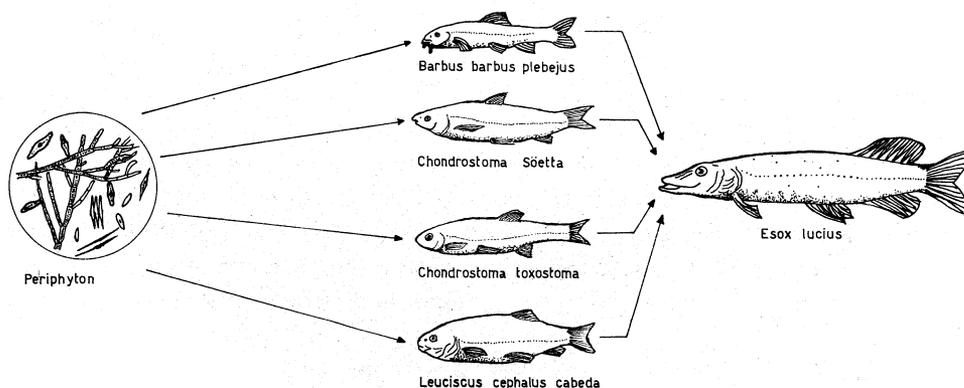


Fig. 1. — Schema della catena alimentare che fa capo a *Esox lucius*.

dei radionuclidi in un ambiente naturale. Ciò è stato dimostrato da ricerche riguardanti catene alimentari in mare (Osterberg, [20]), in fiume (Davis e Foster, [7]) e ricostruite in laboratorio (Williams e Pickering, [26]). Altre ricerche hanno permesso di effettuare interessanti correlazioni fra organismi appartenenti ai vari livelli trofici sulla base del contenuto in: ^{137}Cs (Pendleton e Hanson [22], Nelson [19], Kolehmainen [14], Hannerz [13]), ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{65}Zn (Lowman, [16]), ^{40}K , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{65}Zn (Gustafson [12]), ^{54}Mn (Caval-

(*) Direzione Studi e Ricerche dell'ENEL Laboratorio Ricerche Ambientali di Trino Vercellese e Laboratorio di Zoologia dell'Università statale di Milano.

(**) Nella seduta dell'11 gennaio 1969.

loro e Merlini, [6]), ^{90}Sr (Agnedal, [1]) e ^{59}Fe , ^{54}Mn , ^{46}Sc , ^{40}K , ^{32}P , ^{24}Na , ^{137}Cs , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{65}Zn , ^{64}Cu , ^{60}Co (Davis e coll. [8]), ^{144}Ce , ^{106}Ru , ^{137}Cs , ^{54}Mn (Bourdeau e coll., [4]).

La presente ricerca, effettuata in un tratto del fiume Po compreso fra Brusaschetto nuova e Casale Monferrato, si propone di studiare quali dei radioelementi presenti nell'ambiente fluviale vengono concentrati e quali vengono discriminati nel passaggio da un anello all'altro della catena alimentare che fa capo al predatore *Esox lucius* (fig. 1).

MATERIALI E METODI.

Sono stati raccolti campioni di periphyton ⁽¹⁾ in diverse stazioni ed a diversa profondità lungo il tratto di fiume in esame, che sono stati essiccati in stufa a 105°C fino a peso costante e poi inceneriti a 450°C per 24 ore. Le ceneri sono state ridotte in polvere sottile mediante un mortaio di porcellana e poste in contenitore per essere sottoposte a misura radiometrica ⁽²⁾.

I campioni delle specie ittiche, prelevati con reti, hanno subito lo stesso trattamento.

Tutti i campionamenti sono stati eseguiti in data 15 marzo 1968 eccezion fatta per *Esox lucius* che è stato prelevato in un periodo di poco posteriore.

Per la separazione dei radionuclidi presenti nei campioni in esame è stata utilizzata una procedura messa a punto da uno di noi (Q. G.) che consente la separazione e l'isolamento dei principali prodotti di fissione e di attivazione a partire da un unico campione ⁽³⁾. Tale procedura (fig. 2) è basata su tecniche di separazione a scambio ionico impiegate da Kraus [15] e Boni [2].

Per la separazione di cobalto, ferro e zinco sono state eseguite prove tracciate che, mediante eluizione da resina «Dowex 1×8 », hanno dato rese rispettivamente del $96 \pm 1\%$, $95 \pm 2\%$, $94 \pm 2\%$ (livello di probabilità 95%).

Per la separazione del cesio si è ricorsi ad assorbimento su resina NCFC inorganica (Petrow [23]) che ha dato una resa del $92 \pm 6\%$ (livello di probabilità 95%).

I rimanenti radioelementi (rutenio, antimonio, zirconio, niobio, stronzio, manganese, cromo e quelli appartenenti al gruppo delle terre rare) sono stati isolati secondo tecniche gravimetriche: NAS—NRC (18) Flaschka [10], Rickard [24], Bryant [5].

(1) Intendiamo per periphyton (o Aufwuchs) il popolamento vegetale ed animale « che ricopre senza penetrarvi ogni substrato immerso » (cfr. Tonolli, [25]). Abbiamo qui considerato la sola componente vegetale del periphyton costituita in massima parte da *Chladophora* sp. e Diatomee.

Tuttavia il popolamento animale (cfr. Parisi e coll., [21]) non rappresenterebbe che meno dell'1% della biomassa totale.

(2) Nella valutazione delle attività dei campioni non si è tenuto conto delle perdite dovute a volatilizzazione durante l'incenerimento.

(3) È in preparazione una nota particolareggiata sull'argomento alla quale rimandiamo per maggiori dettagli.

Campione incenerito a 450 °C (~40 g di ceneri) e "carriers"- Ru, Sb, Zr, Nb, Co, Fe, Zn, Cs, Mn, Cr, Ba e traccianti ⁸⁵Sr

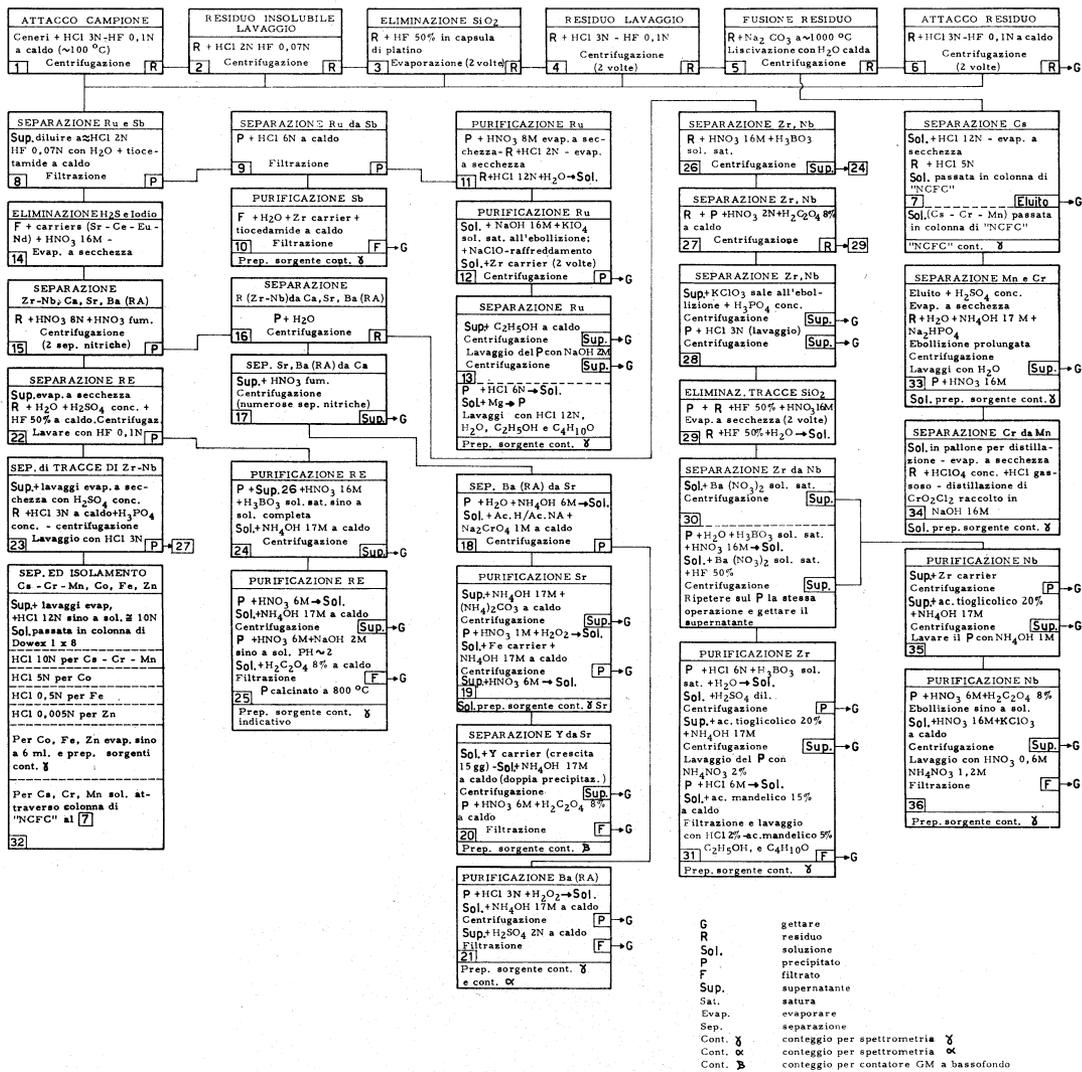


Fig. 2. - Schema preliminare di separazione per l'isolamento di singoli radionuclidi da un campione di materiale biologico.

Le rese chimiche di questi ultimi elementi sono state ricavate anche per via spettrofotometrica (Mn, Cr) e mediante l'uso di ⁸⁵Sr come traccianti per lo ⁹⁰Sr.

Le misure di attività beta per la determinazione dello ⁹⁰Sr sono state eseguite mediante contatore SELO a basso fondo in anticoincidenza.

Le misure di attività gamma sono state effettuate sia con cristallo 2'' x 2'' che con cristallo 3'' x 3''.

Il cristallo di Na I(Tl) è accoppiato otticamente ad un fotomoltiplicatore « EMI » collegato ad un analizzatore di impulsi a 400 canali « Intertech-nique » SA 40 B.

RISULTATI.

Il primo livello trofico è costituito esclusivamente da periphyton. Del secondo fanno parte le seguenti specie ittiche: *Leuciscus cephalus cabeda* (Risso), *Chondrostoma toxostoma* (Vallot), *Chondrostoma soëta* (Bonap.) e *Barbus barbus plebejus* (Cuv. Val.).

Al terzo livello trofico appartiene *Esox lucius* L. predatore ittiofago (4).

I rapporti trofici qui descritti sono in realtà molto più complessi e la catena alimentare oggetto del presente studio va considerata come parte di una ben più complessa rete di rapporti.

In particolare, permangono, allo stato attuale delle nostre conoscenze, alcune incertezze circa la discriminazione selettiva da parte di *Esox lucius* sulle diverse specie ittiche e la preferenza dello stesso per alcune particolari classi di grandezza.

I Livello trofico.

L'esame microscopico di n. 30 campioni di periphyton, raccolti in varie stazioni e preparati secondo il metodo di Margalef [17], ci ha consentito di calcolare il rapporto medio alghe filamentose/diatomee (4).

Le misure radiometriche hanno mostrato la presenza di ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{60}Co , ^{40}K (fig. 3) e di ^{90}Sr .

II Livello trofico.

Lo studio del contenuto intestinale di n. 60 esemplari (15 per ognuna delle 4 specie di pesci ciprinidi) ha dimostrato che il loro regime alimentare consiste esclusivamente di periphyton.

Ciò è confermato anche da osservazioni effettuate su numerosi campioni prelevati nell'arco dell'anno 1967 (4).

Le misure radiometriche hanno mostrato la presenza costante nelle diverse specie di: ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{60}Co , ^{40}K (figg. 3-4) e di ^{90}Sr .

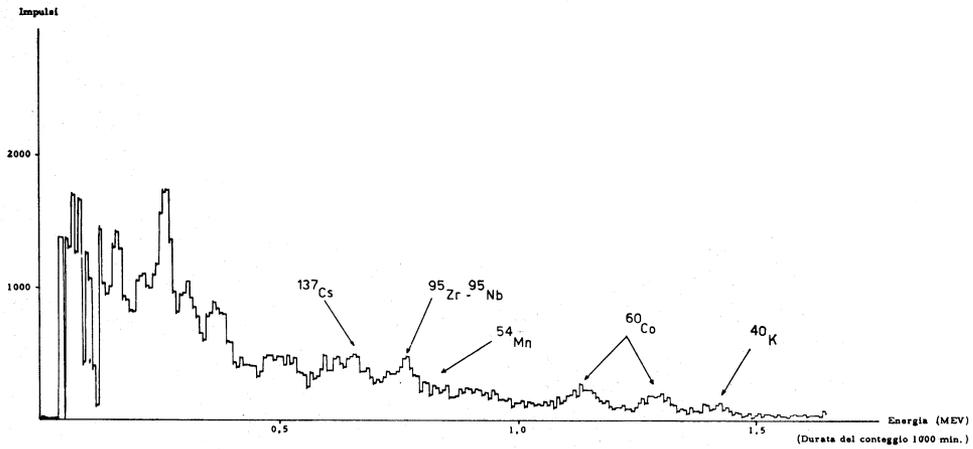
III Livello trofico.

Le difficoltà incontrate nell'ottenere numerosi campioni di *Esox lucius* hanno impedito una valutazione altamente significativa delle sue preferenze trofiche e del suo contenuto medio in radionuclidi.

Le analisi radiometriche hanno mostrato la presenza di ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{40}K (fig. 4) e di ^{90}Sr .

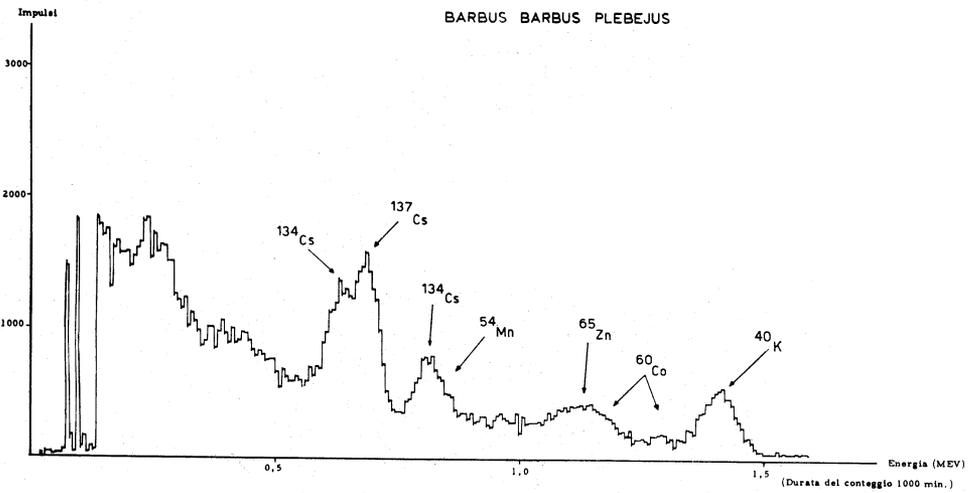
(4) Per più dettagliate informazioni ecologiche cfr. Parisi e coll. (21).

PERIPHYTON



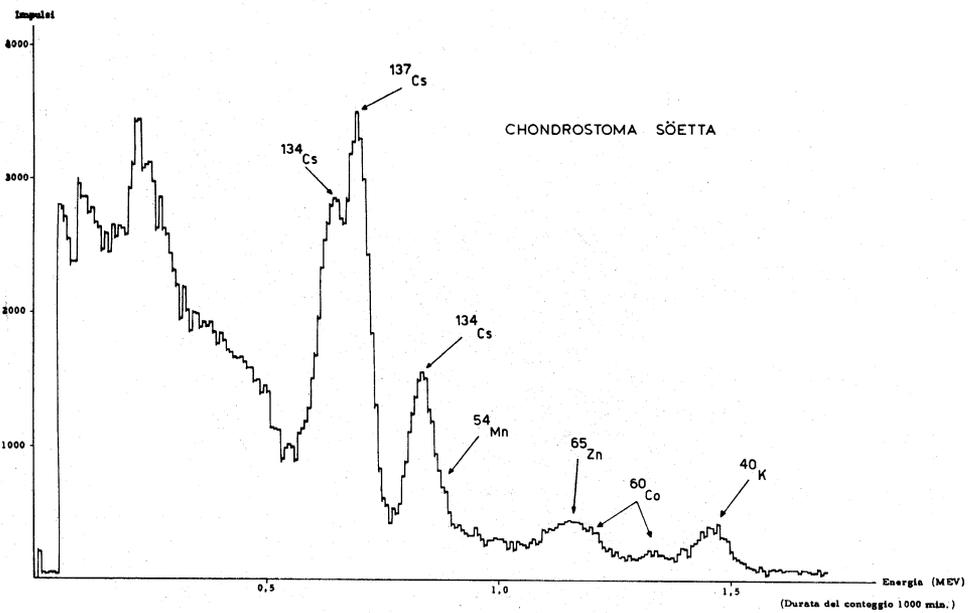
a

BARBUS BARBUS PLEBEJUS



b

CHONDROSTOMA SOËTTA



c

Fig. 3. - Spettri gamma, con sottrazione di fondo, eseguiti sulle ceneri.

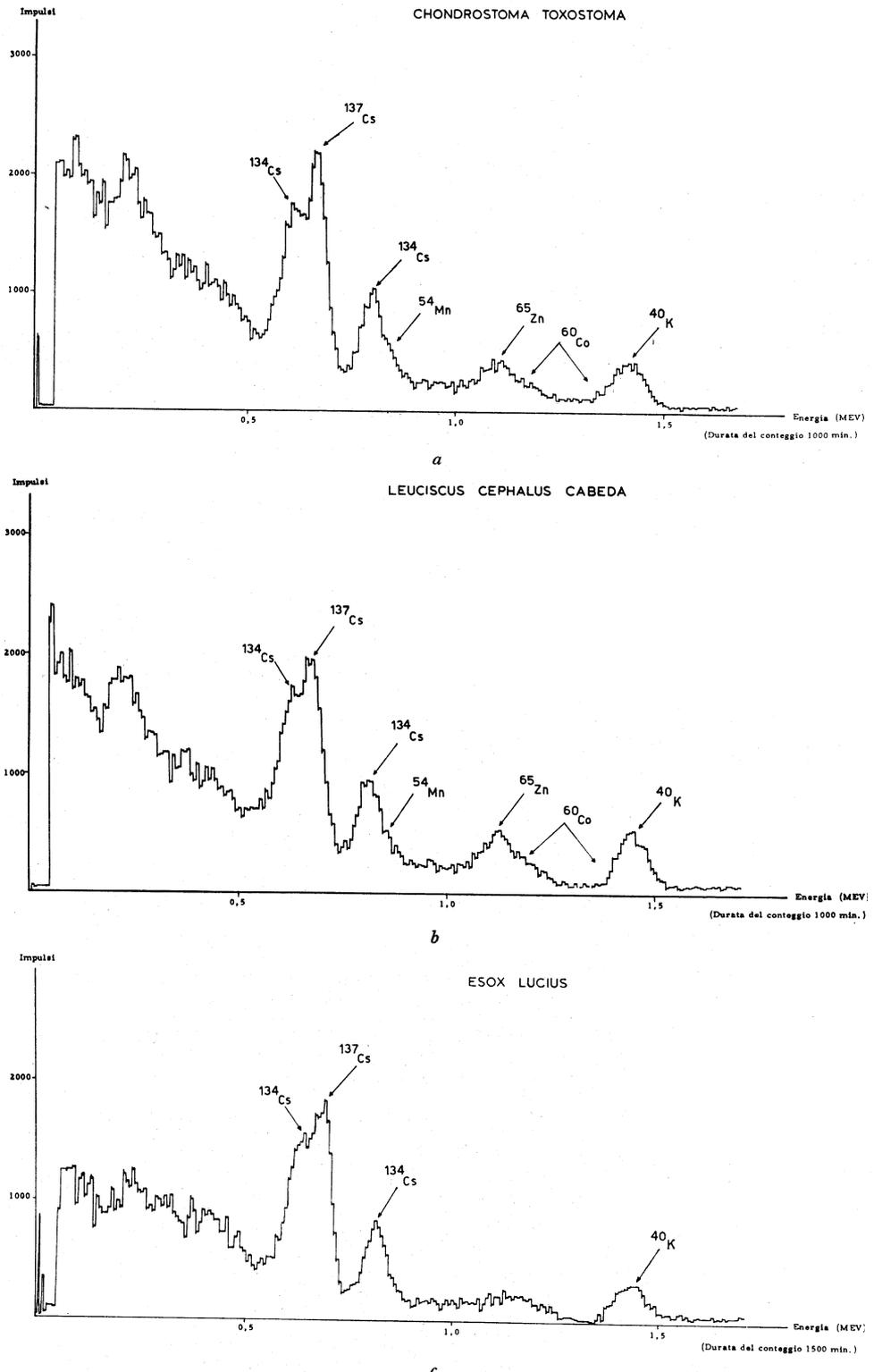


Fig. 4. - Spettri gamma, con sottrazione di fondo eseguiti sulle ceneri.

DISCUSSIONE.

Gli spettri gamma mostrano soltanto l'abbondanza relativa dei diversi radioisotopi.

La complessità degli stessi e le modeste concentrazioni di radionuclidi presenti, hanno reso necessario ricorrere alle separazioni radiochimiche.

I risultati ottenuti dopo normalizzazione dei dati sono riportati in Tabella I, fig. 5.

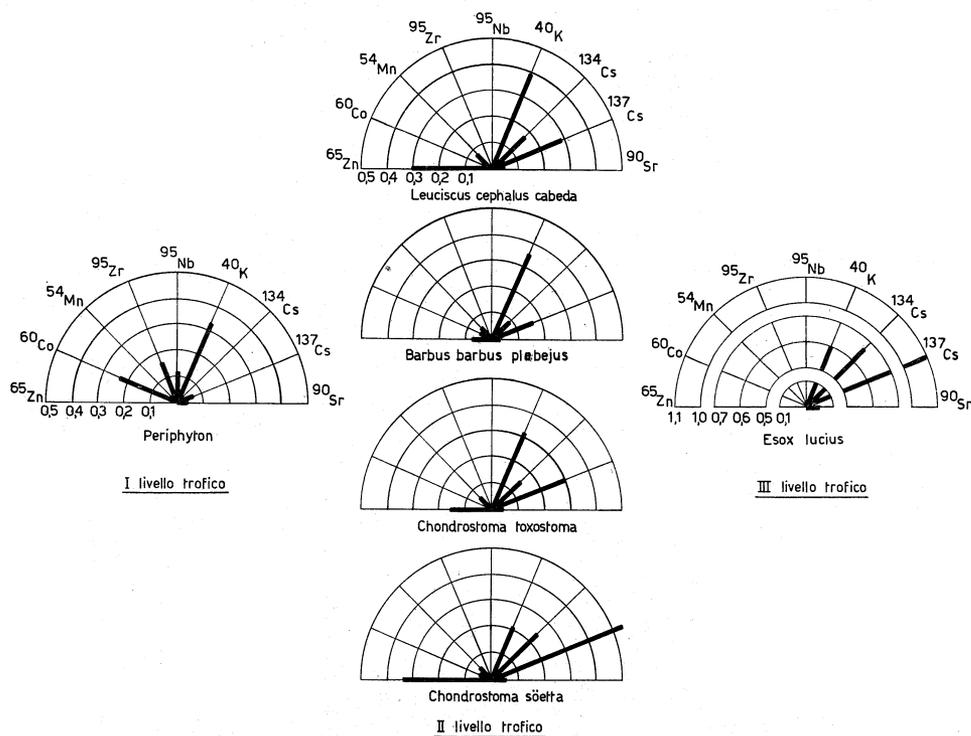


Fig. 5. - Concentrazione di radioisotopi ai differenti livelli trofici, (espressa in pCi/g peso fresco).

^{134}Cs e ^{137}Cs sono presenti in quantità molto esigue nel periphyton, sono concentrati dai consumatori primari ed in quantità ancora maggiori dal consumatore secondario *Esox lucius*.

Ciò è in pieno accordo con quanto osservato da altri ricercatori: Pendleton [22] Gustafsson [12] Kolehmanien [14] Nelson [19].

In particolare risultati analoghi sono stati ottenuti da Hannerz [13] che, in un ecosistema lacustre, ha studiato i produttori primari, un consumatore primario ed un consumatore secondario.

Zinco e manganese vengono accumulati dai consumatori primari: a questo riguardo i nostri risultati concordano con quelli ottenuti da Osterberg [20] per lo zinco e da Cavalloro e Merlini [6] per il manganese.

Zirconio e niobio vengono concentrati dai soli produttori primari e sembra quindi confermato che tali elementi non hanno particolare importanza nella contaminazione della catena alimentare (cfr. De Bortoli, [9]).

Il cobalto decresce nel passaggio dal periphyton agli erbivori e dagli erbivori al luccio.

I nostri risultati confermano quanto già osservato nei due ultimi anelli di una catena alimentare marina da Lowman [16].

TABELLA I.

Concentrazione di radioisotopi e CMA_{cibo} in differenti organismi della catena alimentare (espressi in pCi/gr peso fresco) (1).

CAMPIONE	⁶⁵ Zn	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	⁹⁵ Zr	⁹⁵ Nb	40K	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
<i>Periphyton</i>	N.R.	0,234	0,027	0,16	0,12	0,337	N.R.	0,076	0,040
<i>Leuciscus cephalus cabeda</i> .	312	156	312	187	312		28	62	1,2
	0,308	0,0136	0,077	N.R.	N.R.	0,395	0,180	0,290	0,048
<i>Barbus barbus plebejus</i> .	232	116	232	139	232		21	46	0,93
	0,076	0,0482	0,060	N.R.	N.R.	0,358	0,094	0,170	0,033
<i>Chondrostoma toxostoma</i> .	312	156	312	187	312		28	62	1,2
	0,163	0,0134	0,066	N.R.	N.R.	0,321	0,154	0,301	0,046
<i>Chondrostoma soetta</i> . . .	312	156	312	187	312		28	62	1,2
	0,338	0,0487	0,066	N.R.	N.R.	0,220	0,252	0,539	0,061
<i>Esox lucius</i>	352	176	352	211	352		32	70	1,4
	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	0,597	0,660	1,09	0,050

(1) Errore di conteggio $\leq 4\%$ (Dev. Standard); N. R. - Non rilevabile; In alto in corsivo CMA_{cibo} calcolate secondo la (1); In basso valori misurati.

Il contenuto in ⁹⁰Sr non differisce significativamente nei tre livelli trofici esaminati.

Abbiamo voluto infine valutare la rata di radioattività che potrebbe giungere all'uomo, attraverso il consumo di pesci appartenenti alla catena alimentare.

Supponendo che in una ipotetica popolazione umana l'intero fabbisogno proteico giornaliero di un individuo (1 gr proteine/kg di peso corporeo) provenga esclusivamente dai pesci, condizione questa la più restrittiva possibile, si può calcolare la concentrazione massima ammissibile (CMA) per il cibo

in oggetto utilizzando la formula (1):

$$CMA_{\text{cibo}} = \frac{CMA_{\text{acqua}} \times 2200 \times P}{7 \cdot 10^3 \times 10} \mu\text{Ci} \cdot \text{g}^{-1}$$

dove:

CMA_{acqua} = concentrazione massima ammissibile nell'acqua per una esposizione di 168 ore ⁽⁵⁾.

2.200 = assunzione giornaliera di acqua da parte di un individuo medio ⁽⁶⁾ espressa in cc.

10 = fattore di riduzione applicabile alla popolazione umana della zona.

P = contenuto percentuale in proteine del pesce impiegato come cibo.

Tali criteri di valutazione sono stati ricavati da Freke [11].

Le proteine sono state calcolate dal contenuto in azoto (analisi micro-Kjeldhal) impiegando il fattore di moltiplicazione 5,7 consigliato per la muscolatura di pesce da Borgstrom [3].

La percentuale in proteine rispetto al peso secco e al peso fresco è riportata in Tabella II.

TABELLA II.

Contenuto percentuale in proteine rispetto al peso secco e al peso fresco delle differenti specie ittiche.

SPECIE	% peso secco	% peso fresco
<i>Leuciscus cephalus cabeda</i>	39,4	9,8
<i>Barbus barbus plebejus</i>	29,6	7,4
<i>Chondrostoma toxostoma</i>	40,0	10,0
<i>Chondrostoma soetta</i>	38,8	9,9
<i>Esox lucius</i>	44,7	11,1

CONCLUSIONI.

Nel corso della presente ricerca abbiamo cercato di valutare il passaggio dei radionuclidi attraverso alcune componenti di un ecosistema fluviale.

Gli spettri gamma (figg. 3, 4) e gli istogrammi della fig. 5 ci consentono di affermare, in accordo con altri ricercatori, che in genere il maggior numero di radioelementi si trova al livello dei produttori primari.

Una prima riduzione si verifica nel passaggio da questi ai pesci erbivori, mentre una discriminazione più drastica si ha nel passaggio dagli erbivori al predatore.

(5) Secondo le norme EURATOM.

(6) del peso di Kg. 70.

BIBLIOGRAFIA CITATA.

- [1] AGNEDAL P. O., in: *Radioecological concentration processes*, Aberg B. e Hungate F. P. ed., Pergamon Press, N. Y. 1967.
- [2] BONI A. L., « Anal. Chem. », 32, 599–604 (1960).
- [3] BORGSTROM G., Academic Press, New York e London 1961.
- [4] BOURDEAU P., CAVALLO R., MYTTENAERE C. e VERFAILLIE G., « Health Physics », 11, 1429–1444 (1965).
- [5] BRYANT F. Y., CHAMBERLAIN A. C., MORGAN A. e SPICER G. S., A.E.R.E.H.P./R 2056 (1957).
- [6] CAVALLO R. e MERLINI M., « Ecology », 48, 924–928 (1967).
- [7] DAVIS J. J. e FOSTER R. F., « Ecology », 39, 530–535 (1958).
- [8] DAVIS J. J., PERKINS R. W., PALMER R. F., HANSON W. C. e CLINE J. F., in: « Peaceful uses of atomic energy », U. N., 18, 423–428, Geneva 1958.
- [9] DE BORTOLI M. C., GAGLIONE P. e RAVERA O., XI Congresso A.I.F.S., Pre print
- [10] FLASCHKA M. e JAKOBLJEVICH H., « Analytica Chimica Acta », 4, 247–255 (1950).
- [11] FREKE A. M., « Health Physics », 13, 743–758 (1967).
- [12] GUSTAFSSON P. F., in: *Radioecological concentration Processes*, Aberg B. e Hungate F. P. ed. Pergamon Press, N. Y. 1967.
- [13] HANNERZ L., « Acta Radiologica », suppl. 254 (1966).
- [14] KOLEHMAINEN S., HASANEN E. e MIETTINEN J. K., in: *Radioecological concentration processes*, Aberg B. e Hungate F. P. ed., Pergamon Press, N. Y. 1967.
- [15] KRAUS K. A. e MOORE G. E., « J. Am. Chem. Soc. », 75, 1460 (1953).
- [16] LOWMAN F. G., in: « Radioecology », Schultz V. e Klement A. W. ed., Reinholds publ. Co., N. Y. 1963.
- [17] MARGALEF R., « Int. Ass. théor. appl. Limnol. », 284–285 (1948).
- [18] NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NUCLEAR SCIENCE SERIES, *Monographs in the radiochemistry and the radiochemical technique series*, « National Bureau of Standards », U. S. Dept. of Commerce, Springfield, Virginia (1959–1961).
- [19] NELSON D. J. e COLL., in: *Progress report, Radiation ecology section*, Health Physics division of O.R.N.L., 97–98 (1967).
- [20] OSTERBERG C., PEARCY W. G. e CURL H. JR., « J. Mar. Res. », 22, 2–12 (1964).
- [21] PARISI e COLL., in preparazione.
- [22] PENDLETON R. C. e HANSON W. C., in: « Peaceful uses of atomic energy », U. N., 18, 419–422, Geneva 1958.
- [23] PETROW H. G. e LEVINE H., « Anal. Chem. », 39, 360–362 (1967).
- [24] RICKARD R. R. e WYATT E. I., « Anal. Chem. », 31, 50–54 (1959).
- [25] TONOLLI V., Ed. Ist. Ital. Idrobiol., Pallanza 1964.
- [26] WILLIAMS L. G. e PICKERING Q., « Ecology », 42, 205–206 (1961).