

IL LABORATORIO DI FIASCHERINO PER LO STUDIO DELLA CONTAMINAZIONE RADIOATTIVA DEL MARE

Nello sfruttamento dell'energia nucleare occorre tener conto della produzione di radioisotopi che sono potenzialmente pericolosi se introdotti, sia attraverso rilasci controllati sia attraverso rilasci incontrollati (incidenti nucleari), in quantità eccessiva nell'ambiente circostante.

Fra i vari tipi ambientali in cui vive l'uomo, quello marino merita una considerazione speciale, da una parte perché il suo grande volume d'acqua lo fa sembrare un luogo ideale per lo scarico di rifiuti a bassa attività il cui immagazzinamento sarebbe altrimenti troppo costoso, dall'altra perché la costa è il luogo ideale per l'installazione di centrali elettronucleari, dato che dal mare possono venire prelevate le grandi quantità di acqua necessarie per il raffreddamento degli impianti.

Inoltre il dissalamento dell'acqua di mare con centrali miste di produzione di energia elettrica e di acqua dolce diverrà importante in futuro a causa della scarsità di acqua dolce prevista per molte regioni, in particolare per le regioni dell'Italia meridionale.

Sin dal 1958 il Comitato nucleare, allora CNRN, divenne consapevole della necessità di acquisire una competenza nel campo della radiocontaminazione del mare; perciò costituì un gruppo di ricerca sulla radioattività marina, con il compito di svolgere il seguente programma: 1) preparare un gruppo di esperti, competenti nel campo della radiocontaminazione marina; 2) fornire le basi scientifiche necessarie per la valutazione delle concentrazioni massime ammissibili di radioisotopi nell'ambiente marino in generale e in quello dei mari italiani in particolare e per lo sviluppo di una strategia da seguire in caso di incidenti con conseguente contaminazione dell'ambiente marino.

Poiché il compito di istruire persone e proseguire nello stesso tempo in tutti i campi le ricerche necessarie ad ottenere una certa conoscenza del meccanismo della radiocontaminazione marina era difficilmente realizzabile, il programma è stato inizialmente affrontato prendendo in particolare esame l'aspetto biologico del problema.

La decisione sembrò giustificata perché probabilmente il maggior pericolo per l'uomo, dovuto alla contaminazione del mare, deriva dalla contaminazione attraverso la catena alimentare, cioè attraverso prodotti della pesca consumati dall'uomo.

Conseguentemente lo studio della relazione tra la catena alimentare e l'ambiente esterno è stato il primo in ordine di attuazione del programma ed ha quindi determinato la struttura del gruppo di ricerca.

Per garantire la possibilità di estrapolare i dati ottenuti da esperimenti eseguiti in laboratorio alle condizioni ambientali naturali, tutti i programmi di ricerca sono sempre suddivisi in due parti: una sperimentale di laboratorio; una descrittivo-sperimentale nell'ambiente marino.

Una zona campione fu scelta davanti alle Cinque Terre (fig. 1) per dare la possibilità di studiare in dettaglio i fenomeni più interessanti per la radio-

contaminazione marina. Le osservazioni e gli esperimenti eseguiti in questa zona-campione potranno poi essere integrati con dati raccolti su aree di mare di più grande estensione o con altre zone di particolare interesse, come per esempio il Golfo di Taranto e le zone di mare davanti al Centro della Trisaia.

Michael Bernhard - Direttore del Laboratorio di Fiascherino.

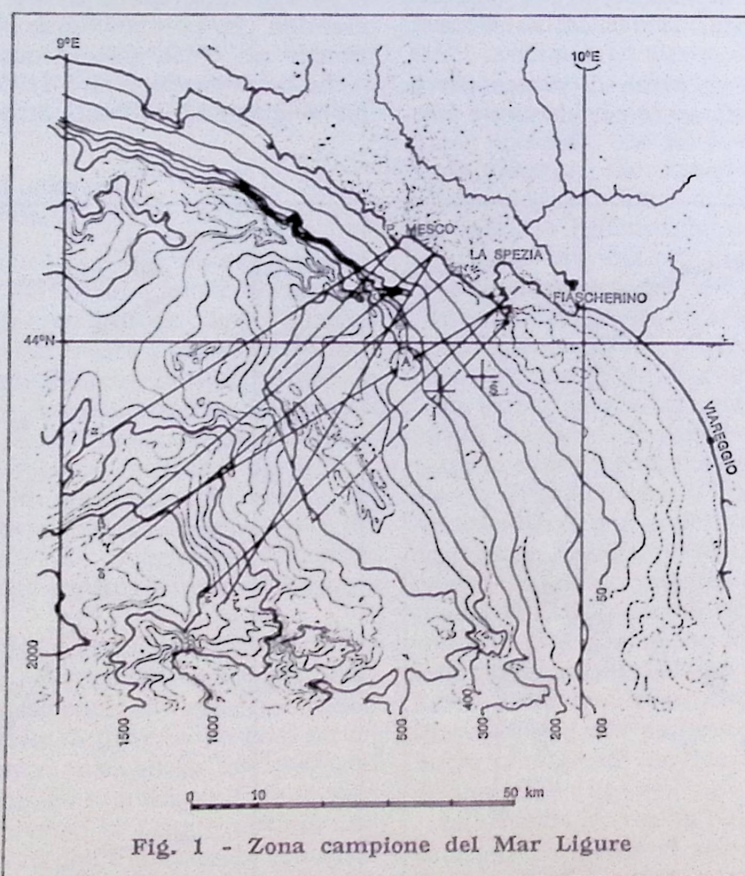
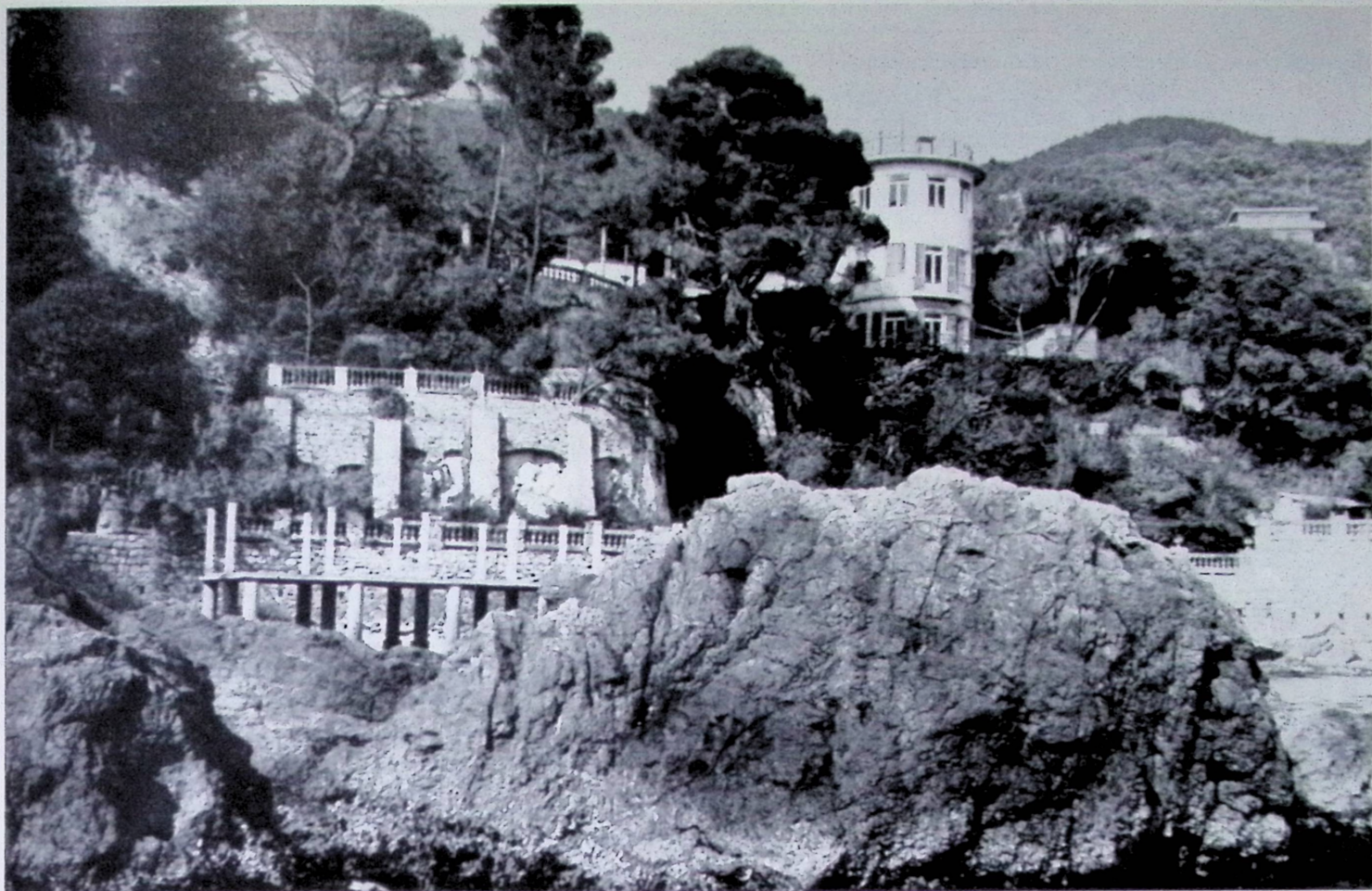
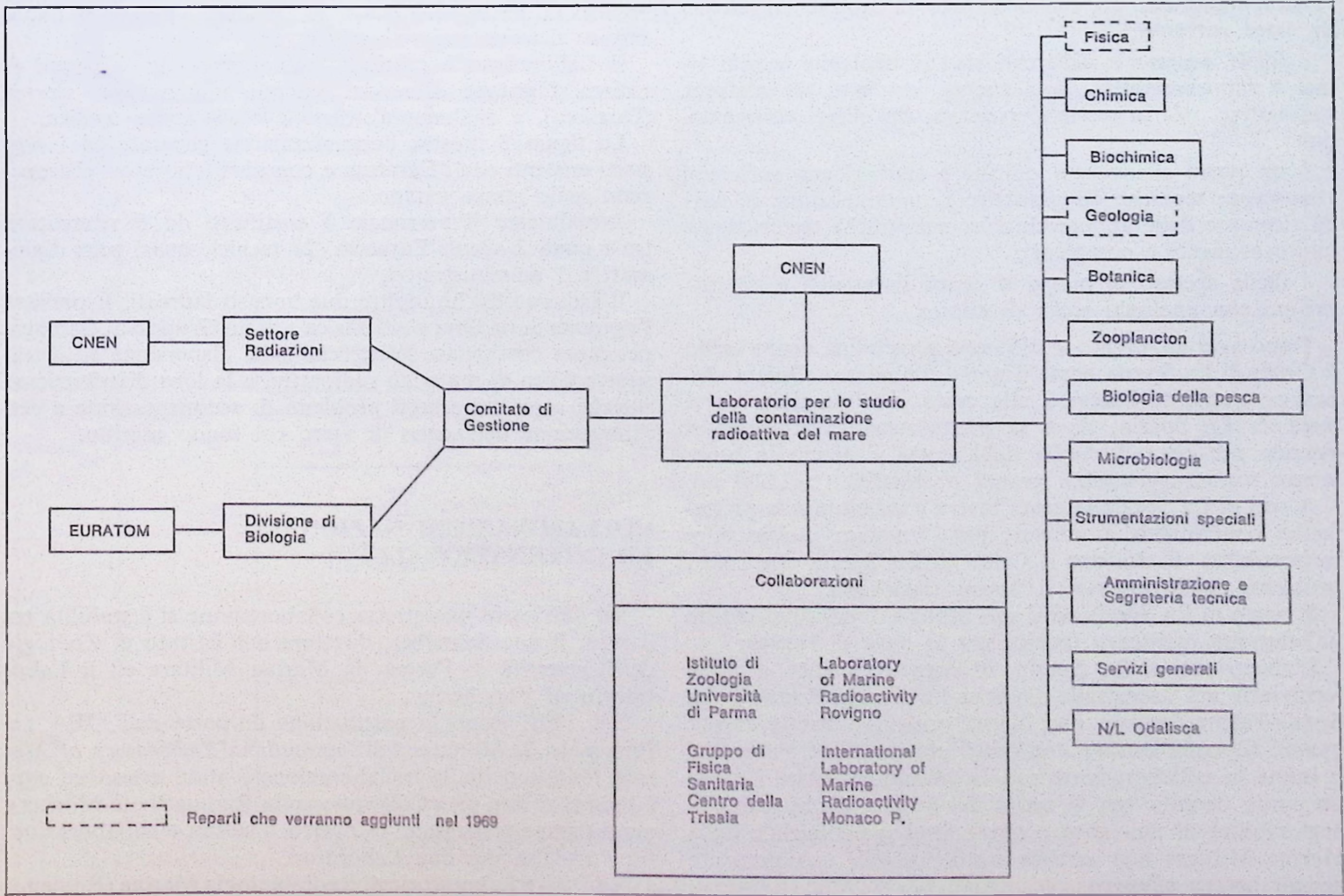
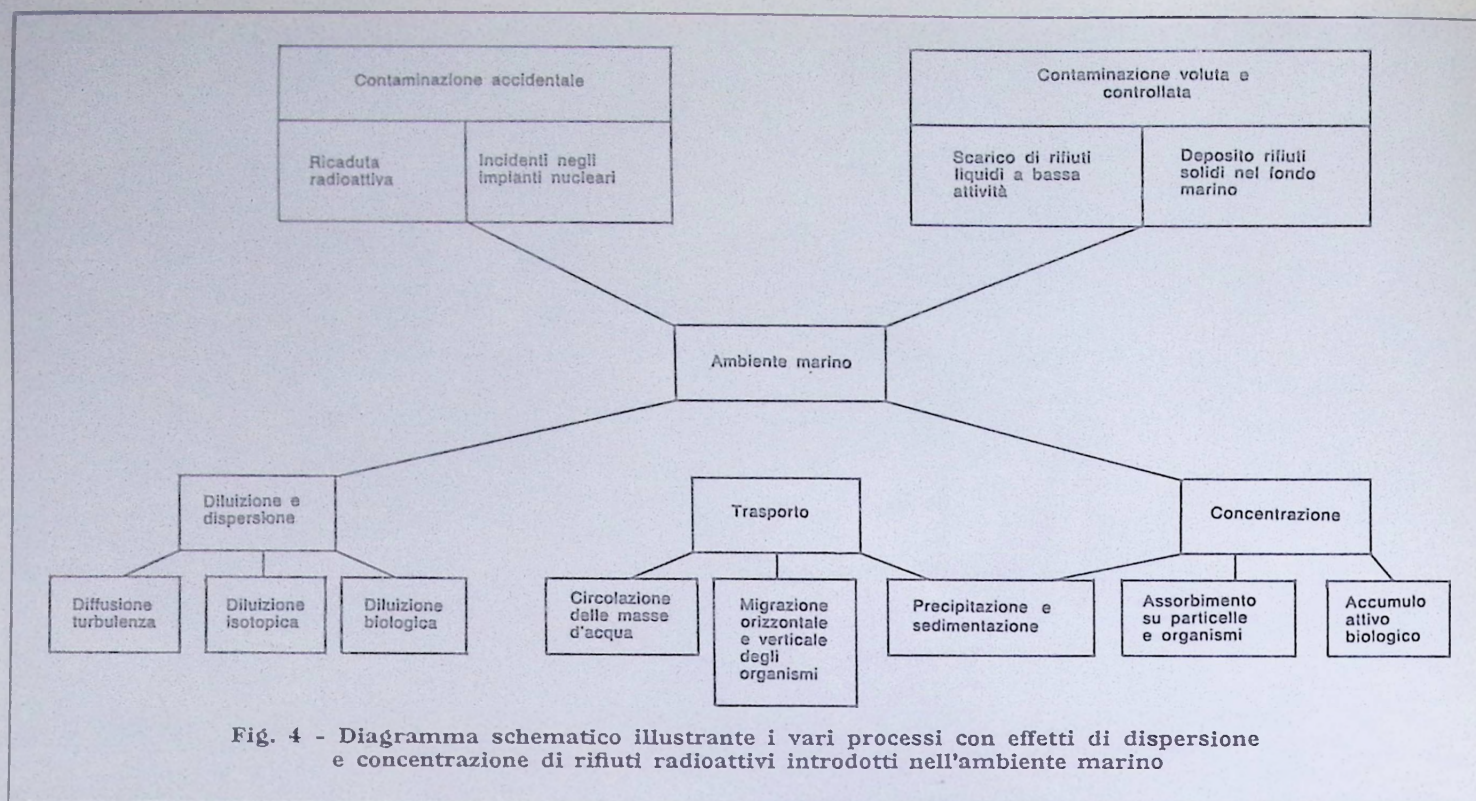


Fig. 1 - Zona campione del Mar Ligure



(sopra) Fig. 2 - Il Laboratorio di Fiascherino visto dal mare. (sotto) Fig. 3 - Organigramma del Laboratorio di Fiascherino





UBICAZIONE ED ORGANIZZAZIONE DEL LABORATORIO

I requisiti per una idonea ubicazione di un laboratorio marino sono in ordine di importanza:

immediata vicinanza di uno specchio d'acqua di mare non inquinata per l'installazione di acquari con acqua di mare corrente;

facile accesso a differenti sistemi ecologici marini tipici e rappresentativi, non ancora inquinati da sostanze radioattive, né, in misura eccessiva, da rifiuti convenzionali;

un porto sicuro con officine e cantieri con sufficienti conoscenze tecniche da garantire la manutenzione di navi da ricerca e delle apparecchiature scientifiche tecnicamente molto avanzate e complesse;

facile accesso ai maggiori centri industriali e ad istituzioni con analoghi scopi di ricerca.

Dopo aver analizzato le differenti possibilità, venne scelto il Golfo di La Spezia come il posto più adatto. Questa ubicazione consente l'accesso alla costa rocciosa dalla parte nord di La Spezia, dove la piattaforma continentale si estende per circa 5 miglia dalla costa e perciò in breve tempo sono raggiungibili grandi profondità (> 2.000 m).

A sud di La Spezia la costa invece è sabbiosa e la piattaforma continentale si estende per 25 miglia; inoltre offre la possibilità di studiare il Golfo di La Spezia con i vari problemi tipici connessi ai bacini semichiusi.

Il porto di La Spezia ed il suo cantiere forniscono inoltre un'adeguata assistenza tecnica per la nave di ricerca.

L'ubicazione di La Spezia, al congiungimento di linee ferroviarie ed autostrade Genova-La Spezia-Roma e La Spezia-Parma fornisce una buona posizione strategica per quanto riguarda contatti con centri industriali ed università.

Infine la collaborazione con la Marina Militare è stato un punto decisivo per la scelta del luogo, poiché senza la disponibilità di una nave e senza l'appoggio iniziale della Marina Militare non sarebbe stato possibile intraprendere nessun lavoro effettivo.

Così nel 1958 un laboratorio provvisorio fu allestito in un fabbricato messo a disposizione dalla Marina Militare a Lerici. A quel tempo era l'unico gruppo in tutto il continente europeo. Soltanto in Gran Bretagna, Stati Uniti, Unione Sovietica e Giappone, si stavano svolgendo ricerche in questo campo.

L'anno seguente le attività iniziate furono trasferite in un edificio in affitto sulla costa di Fiascherino, dove il Laboratorio si trova ancora oggi (fig. 2).

Il Laboratorio è costituito attualmente da 7 gruppi di ricerca, 1 gruppo di servizi generali, una nave da ricerca (Odalisca), e dall'amministrazione e segreteria tecnica.

La figura 3 mostra l'organizzazione generale ed i rapporti esistenti con l'Euratom e con altri laboratori che operano nello stesso campo.

Attualmente il personale è costituito da 8 ricercatori, tra i quali 2 agenti Euratom, 21 tecnici, quasi tutti diplomati e 3 amministrativi.

Il Laboratorio ha inoltre due borsisti laureati. È prevista l'aggiunta di un Gruppo di Fisica e di un Gruppo di Geologia per poter completare le ricerche sulla dispersione ed il trasporto fisico di materiali radioattivi e la loro distribuzione, nonché sugli importanti problemi di sedimentazione e dell'interazione dell'acqua di mare col fondo marino.

COLLABORAZIONI NAZIONALI ED INTERNAZIONALI

Sin dall'inizio una stretta collaborazione si è stabilita tra il prof. Bruno Schreiber, direttore dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Parma, la Marina Militare ed il Laboratorio di Fiascherino.

Nel 1961, dopo la costituzione da parte dell'AIEA nel Principato di Monaco dell'*International Laboratory of Marine Radioactivity*, la collaborazione è stata estesa ed ogni 6 mesi si svolge un «Colloquio sulla Radioattività Marina» per discutere programmi di ricerca, risultati e collaborazioni tra i membri dei due Laboratori.

Nel 1964 il Laboratorio di Radiobiologia Marina (Rovigno)

dell'Istituto Ruder Bošković (Jugoslavia) si unì al gruppo; inoltre nell'ambito dell'accordo bilaterale tra la Commissione Atomica Jugoslava ed il CNEN è stato effettuato uno scambio di ricercatori tra i laboratori Ruder Bošković e di Fiascherino.

Al gruppo dei Colloqui sulla Radioattività Marina si è infine aggiunto (1964) il Gruppo di Contatto per la Radioattività Marina dell'Euratom.

CONTRATTI DI RICERCA

Dal 1960 al 1962 l'AIEA ha contribuito alle ricerche dei gruppi di biochimica e di microbiologia.

Dal 1963 l'intero programma del Laboratorio si svolge nell'ambito di un contratto di associazione CNEN-Euratom, al quale l'Euratom partecipa per il 40%; ciò ha consentito un incremento delle attività del Laboratorio.

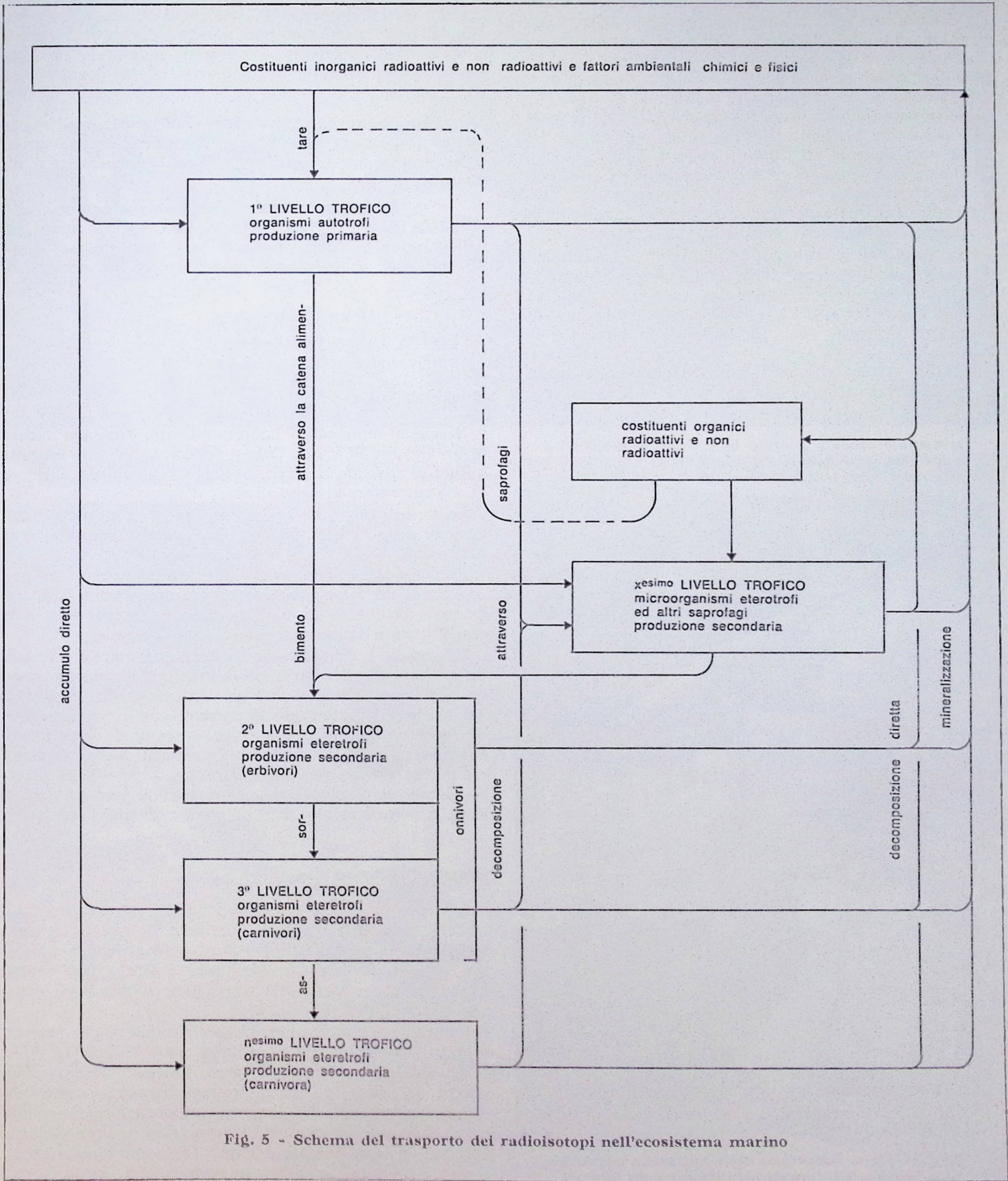


Fig. 5 - Schema del trasporto dei radioisotopi nell'ecosistema marino

SCHEMA GENERALE DELLA DISTRIBUZIONE DELLE SOSTANZE RADIOATTIVE NELL'AMBIENTE MARINO

I radioisotopi rilasciati, volontariamente o involontariamente, nell'ambiente marino, possono dar luogo ad una reazione con l'ambiente fisico e geochimico e con gli organismi marini.

Da scarichi già effettuati in numerosi luoghi si è potuto constatare che i rifiuti radioattivi non vengono soltanto diluiti, ma che certi radionuclidi sono concentrati anche dai componenti dell'ambiente marino (fig. 4) e possono ritornare all'uomo attraverso varie vie e passaggi (fig. 5). La diluizione e la dispersione sono causate da semplice diffusione e dal mescolamento con acqua di mare dovuti alla turbolenza ed alle correnti marine. Le correnti sono anche responsabili del trasporto dei nuclidi. Infine i nuclidi possono essere anche trasportati dalla gravità, se dopo essere stati aggiunti all'acqua di mare essi formano con i costituenti dell'acqua di mare stessa composti insolubili e precipitati. Inoltre i nuclidi possono essere accumulati da organismi i quali trasportano radioisotopi durante la loro migrazione verticale ed orizzontale.

La precipitazione dà luogo quindi ad una concentrazione di nuclidi sul fondo del mare, dove possono reagire con i sedimenti marini (adsorbimento, scambio ionico, ecc.). Di importanza uguale alla diluizione fisica è la diluizione chimica o diluizione isotopica, la quale fa diminuire l'attività specifica dell'isotopo con la diluizione dell'isotopo radioattivo nell'isotopo stabile. Un effetto molto simile si ha nel caso nel quale il radioisotopo è « diluito » in un

elemento chimico simile (« diluizione » in un elemento di sostituzione, es. Sr in Ca, Cs in K, ecc.). La diluizione biologica si riferisce alla distribuzione di materiale radioattivo precedentemente accumulato e poi diviso e distribuito tra le nuove cellule sviluppate nell'ambiente non radioattivo, cosicché dopo la divisione di una cellula l'attività per cellula è metà della concentrazione della cellula madre. Le principali cause della concentrazione di nuclidi sono l'assorbimento dei radionuclidi su varie superfici, incluse quelle degli organismi, le precipitazioni, le sedimentazioni e gli scambi ionici, nonché l'accumulo attivo di nuclidi da parte di organismi marini. I pericoli di radiazioni da parte dei componenti dell'ambiente marino possono derivare da esposizioni interne od esterne. I materiali radioattivi nell'ambiente marino possono avere diversi effetti, causando diversi svantaggi per l'uomo ed il suo ambiente:

effetti diretti sulla popolazione umana, per irradiazione esterna (esposizioni sulle spiagge o durante sport marini) e per irradiazione interna (ingestione di acqua o cibo radioattivo);

effetti indiretti sulla popolazione umana possono verificarsi da radiazioni che potrebbero provocare alterazioni nell'ambiente ecologico naturale con conseguente diminuzione delle risorse marine e del loro valore economico.

ATTIVITÀ DEL LABORATORIO

Gruppo di Fisica

Benché al momento il Laboratorio non disponga ancora di un Gruppo di Fisica Oceanografica, sono state eseguite misure di corrente con correntometri costruiti dal Gruppo di « Strumentazioni Speciali ».

Lo stesso gruppo ha anche effettuato misure sulla distribuzione della densità dell'acqua di mare a seconda della profondità.

Le registrazioni avvengono automaticamente *in situ* con una batisonda gentilmente prestata dalla Marina Militare, la quale determina in continuazione la temperatura e la conduttività a seconda delle profondità (figg. 6 e 7).

La densità di distribuzione dell'acqua di mare è calcolata dalla temperatura e dalla conduttività. Il principale compito del nuovo Gruppo di Fisica Oceanografica consisterà nel misurare direttamente le correnti con i correntometri ed integrare tali dati con quelli ottenuti da esperimenti effettuati in mare con sostanze fluorescenti o con traccianti radioattivi. Questi dati infine daranno la possibilità di ottenere informazioni necessarie a prevedere il grado di dispersione e mescolamento dei materiali radioattivi nel mare.

Gruppo di Chimica

Il lavoro principale del Gruppo di Chimica è consistito nell'effettuare determinazioni chimiche di quegli elementi stabili che possiedono radioisotopi potenzialmente pericolosi (fig. 8) (Sr, Zn, Cd, Mn, ecc.) e di elementi i quali hanno un'importanza nella regolazione ionica degli organismi marini (Na, K, Ca, Mg).

Inoltre sono stati studiati metodi automatici che permettono la determinazione di nutrienti come PO_4 , NO_2 , NO_3 , NH_4 . La determinazione di questi nutrienti è importante poiché essi sono implicati indirettamente nel processo biologico di accumulo e di diluizione isotopica dei radioisotopi. Le tecniche automatiche e dirette sono state sempre preferite in modo da economizzare il lavoro dell'uomo e nello stesso tempo avere dati disponibili immediatamente dopo la rac-

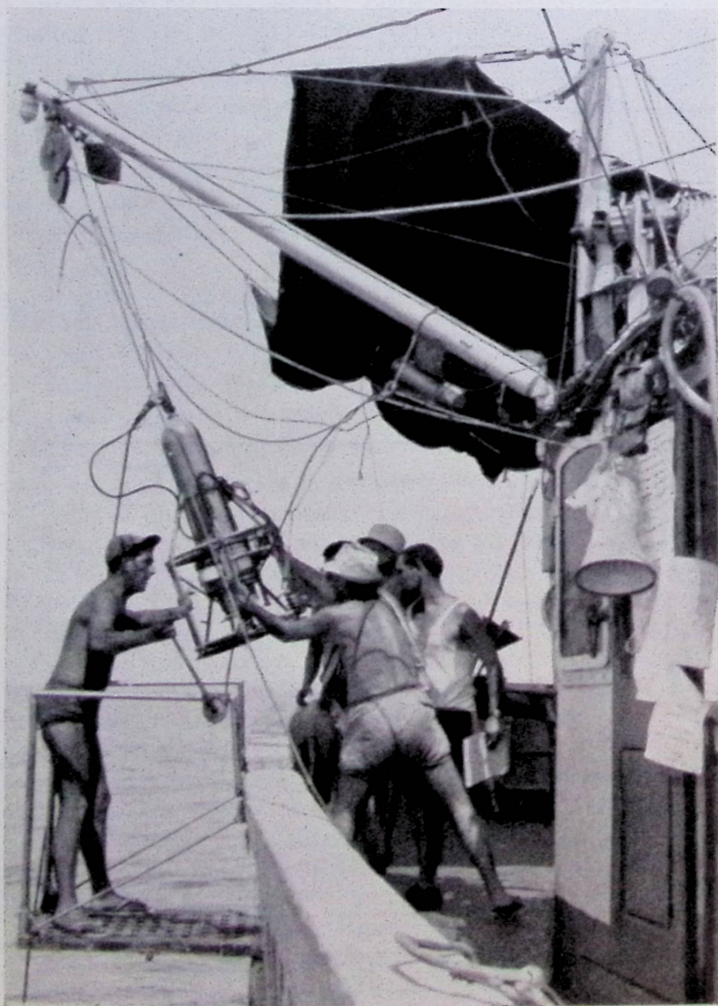
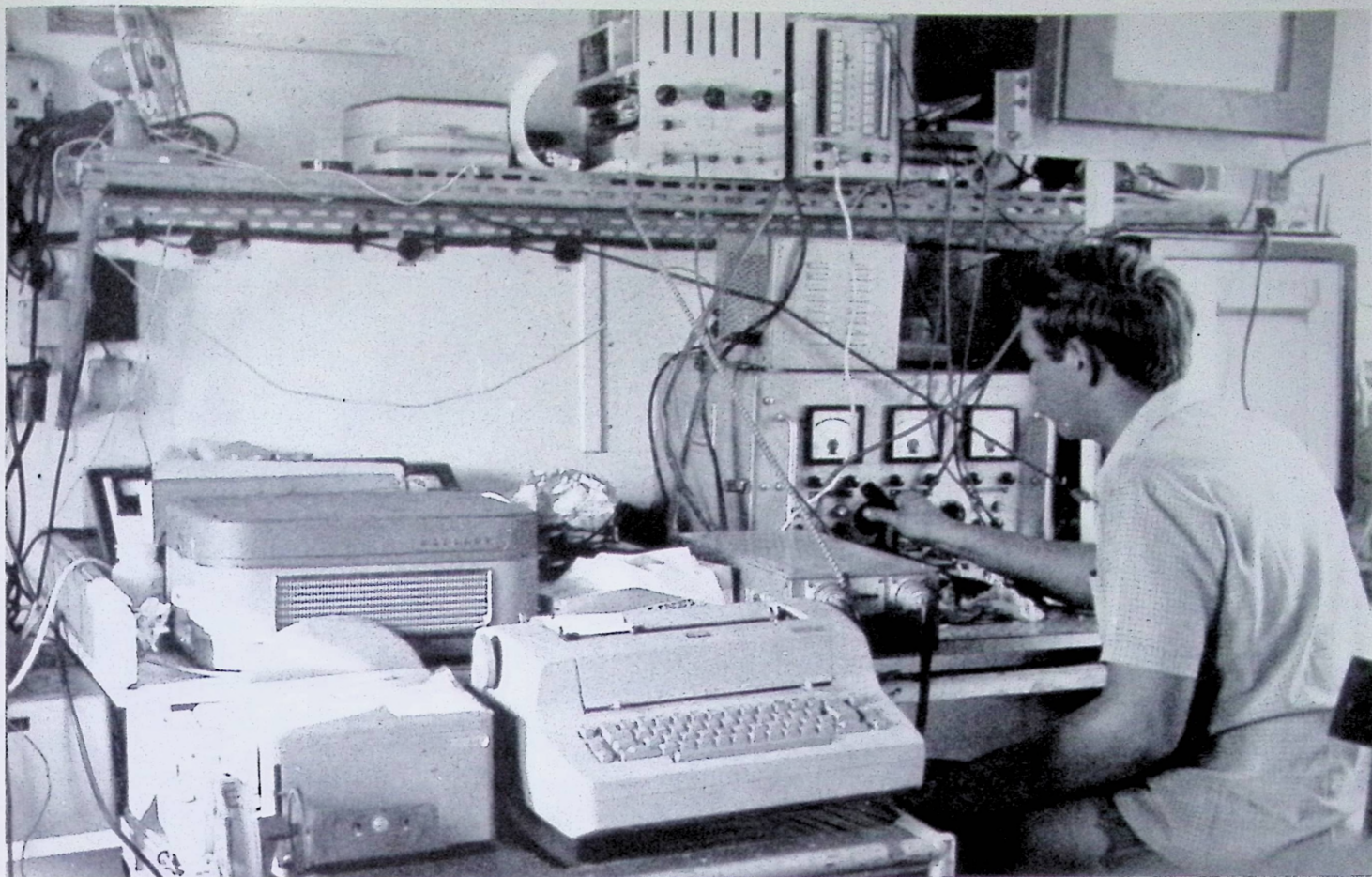
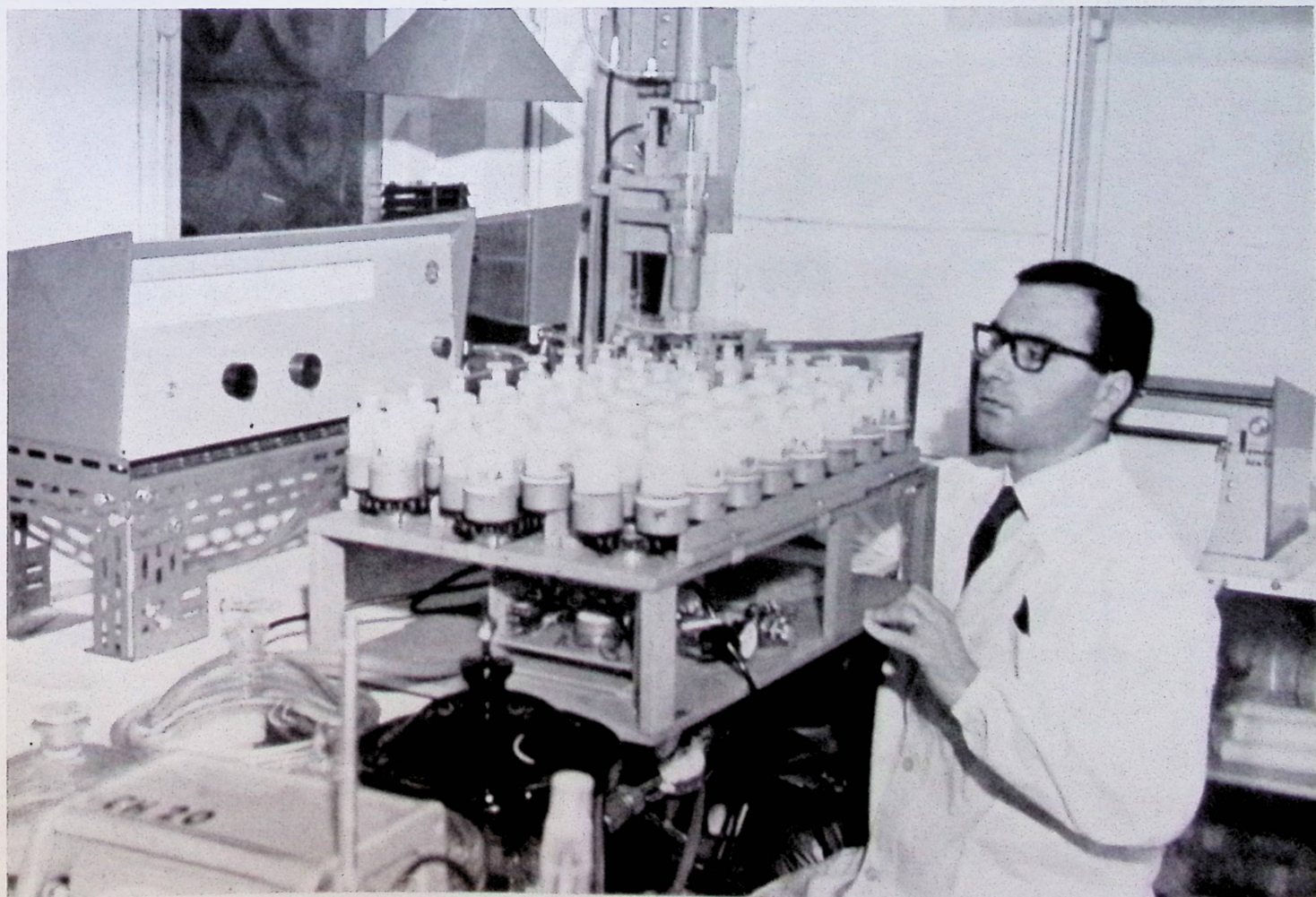
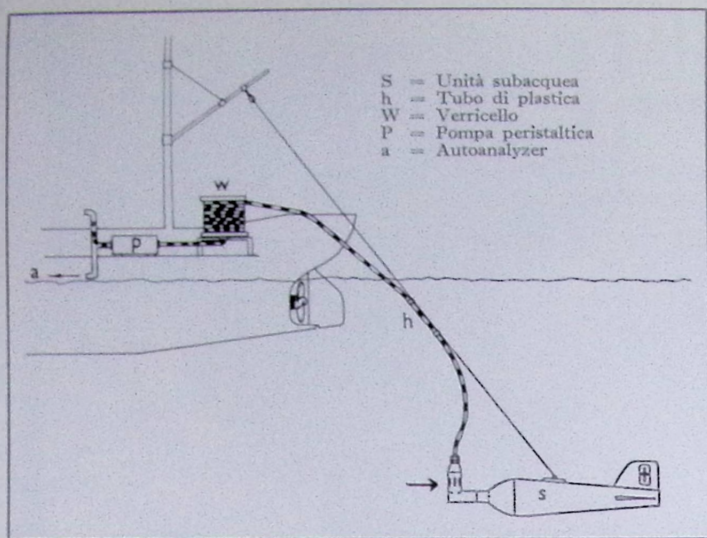


Fig. 6 - Unità subacquea della batisonda prestata dalla Marina Militare mentre viene calata in mare



(sopra) Fig. 7 - Misure di alta precisione di temperatura e conducibilità dell'acqua di mare a diverse profondità con una batisonda a bordo della Nave Laboratorio « Odalisca ». (sotto) Fig. 8 - Determinazione di elementi stabili con l'« Atomic absorption » usando un campionario automatico realizzato dal Gruppo « Strumentazioni Speciali »





colta dei campioni. Ad esempio, è stato sviluppato un metodo a bolle d'aria per il campionamento continuo mentre la nave è in navigazione (fig. 10). I campioni sono introdotti simultaneamente in diversi autoanalizzatori che determinano contemporaneamente diversi componenti chimici dell'acqua di mare; in questo modo si possono registrare profili orizzontali e verticali (fig. 10 a, b e c). Questo

metodo potrebbe essere direttamente usato per il rilevamento di inquinamenti convenzionali. È stata inoltre studiata la variazione stagionale dei nutrienti, come pure la concentrazione chimica di elementi come Zn, C, Cd e Pb nei mitili e in alcune specie di pesce.

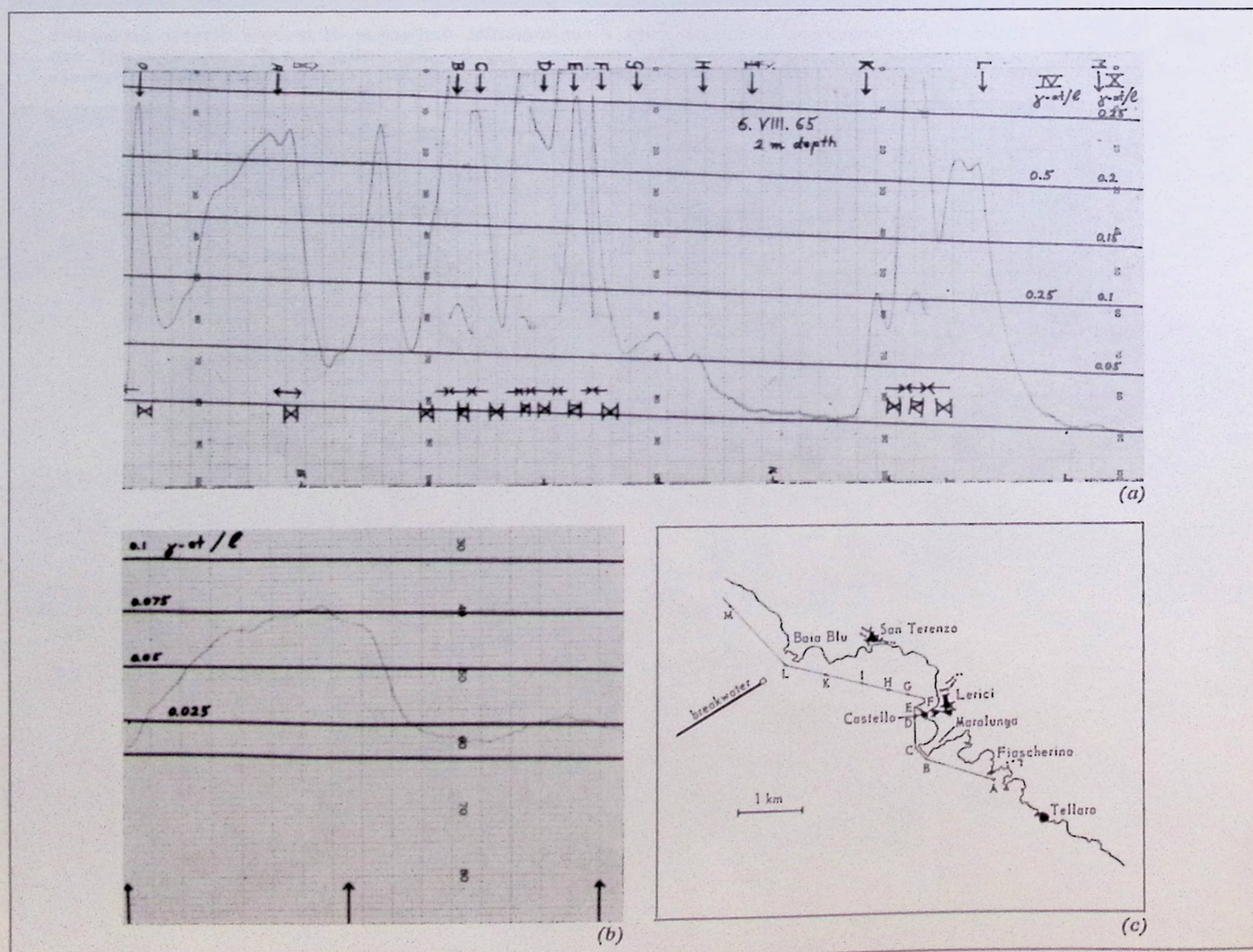
Per mezzo della tecnica polarografica è stato possibile determinare alcuni differenti stati fisico-chimici dello Zn in acqua di mare (figg. 11, 12). L'importanza di queste stime è stata dimostrata dagli esperimenti sull'accumulo dello zinco da parte di alghe marine le quali possono frazionare lo zinco presente nell'acqua di mare e accumulare soltanto una parte dello zinco presente. Lo stesso fenomeno è stato anche osservato usando resine chelanti.

Questo fenomeno è della più grande importanza per la previsione del grado di radiocontaminazione, poiché la presenza di differenti stati fisico-chimici potrà causare una distribuzione ed un frazionamento irregolare del radioisotopo introdotto nell'acqua di mare e complicare quindi le previsioni basate sull'attività specifica. Programmi futuri includeranno ricerche sui possibili differenti stati fisico-chimici di elementi di importanza per la contaminazione marina e ricerche sulla reazione dei rifiuti radioattivi liquidi prodotti da industrie nucleari con l'acqua di mare.

Gruppo di Biochimica

Uno dei problemi più importanti riguardanti l'accumulo di sostanze radioattive da parte degli organismi è l'assor-

(in alto) Fig. 9 - Schema del campionatore automatico continuo per mezzo di bolle d'aria. (in basso) Fig. 10 - Esempi di prelievi automatici e continui lungo la costa nel Golfo di la Spezia (c) in verticale (a) ed in mare aperto (b)



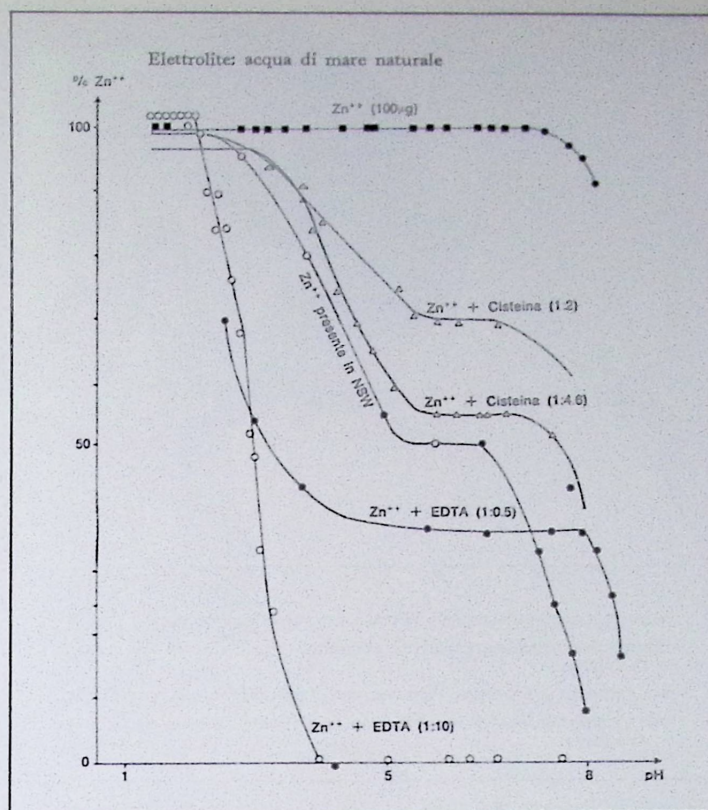
bimento e l'accumulo preferenziale dei radioelementi in certi stati fisico-chimici piuttosto che in altri e la trasformazione di alcuni di tali stati dopo l'assorbimento nell'organismo. L'assorbimento dei radioisotopi contenuti nei cibi, nello stomaco e nell'intestino può essere in particolare influenzato con conseguente aumento o diminuzione della contaminazione radioattiva dell'organismo; quindi l'assorbimento rappresenta un fattore importante nel passaggio dei radionuclidi attraverso la catena alimentare.

Questi meccanismi di assorbimento e della conseguente distribuzione nell'interno dell'organismo sono allo studio del Gruppo di Biochimica che ha iniziato la sua attività quest'anno. Per prima cosa sono stati studiati i sistemi di fosfatasi in quanto da alcuni riferimenti esistenti nella letteratura si ritiene che essi potrebbero costituire un punto di partenza nello studio del meccanismo di accumulo, dell'assorbimento e delle trasformazioni. Sono state isolate le fosfatasi alcaline ed acide di una serie di organismi marini e ne sono state determinate le attività.

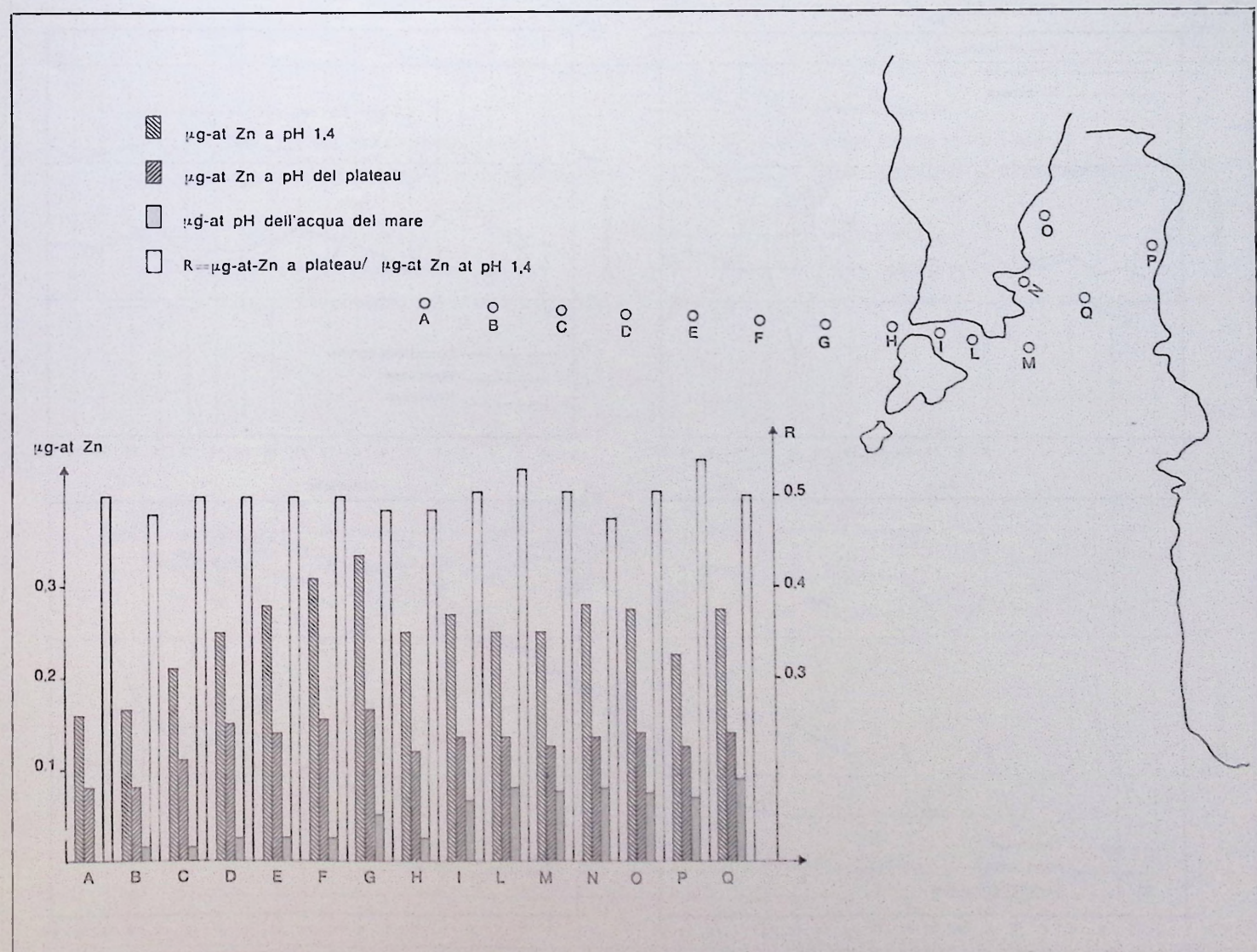
I futuri programmi saranno poi orientati verso il metabolismo dello Sr, del Ru e del Ce e lo scambio del fosfato nei principali organismi marini.

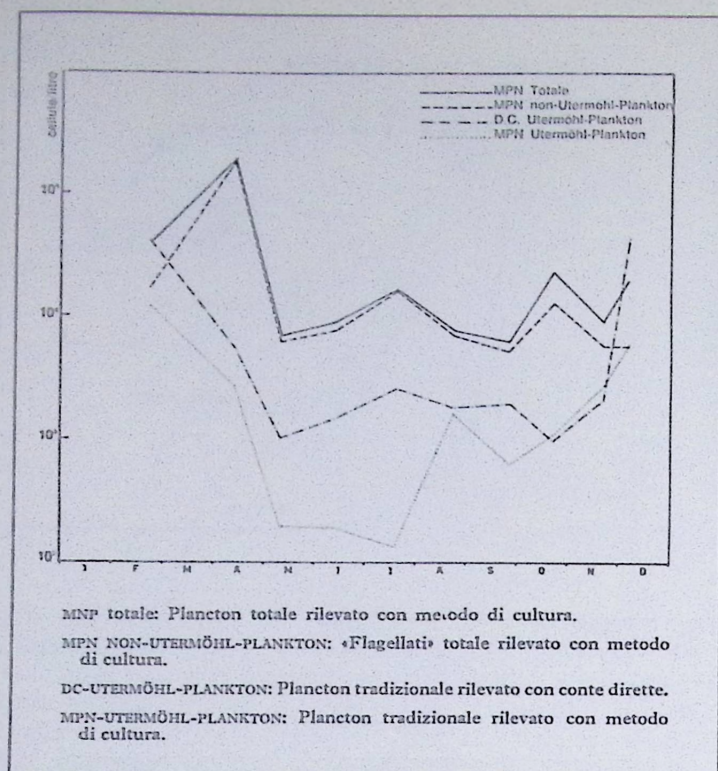
Gruppo di Botanica

Il fitoplancton rappresenta il primo livello della catena alimentare.



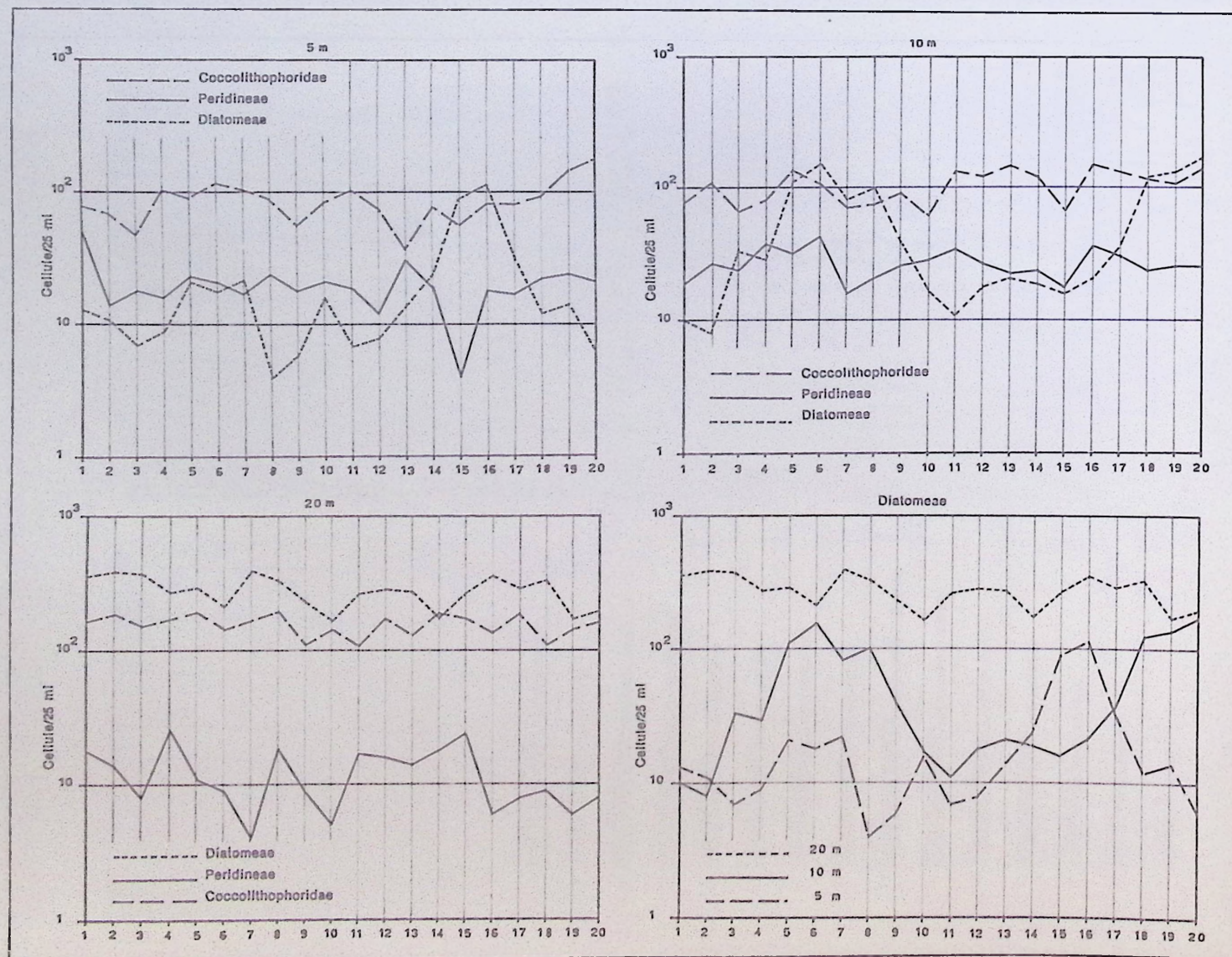
(in alto) Fig. 11 - Valutazioni dello Zn^{++} in acqua di mare naturale ed in acqua di mare con aggiunta di complessanti a vari pH.
(in basso) Fig. 12 - Esempio della distribuzione di Zn ionico e dello Zn totale nel Golfo di La Spezia e in un tratto del Mar Ligure





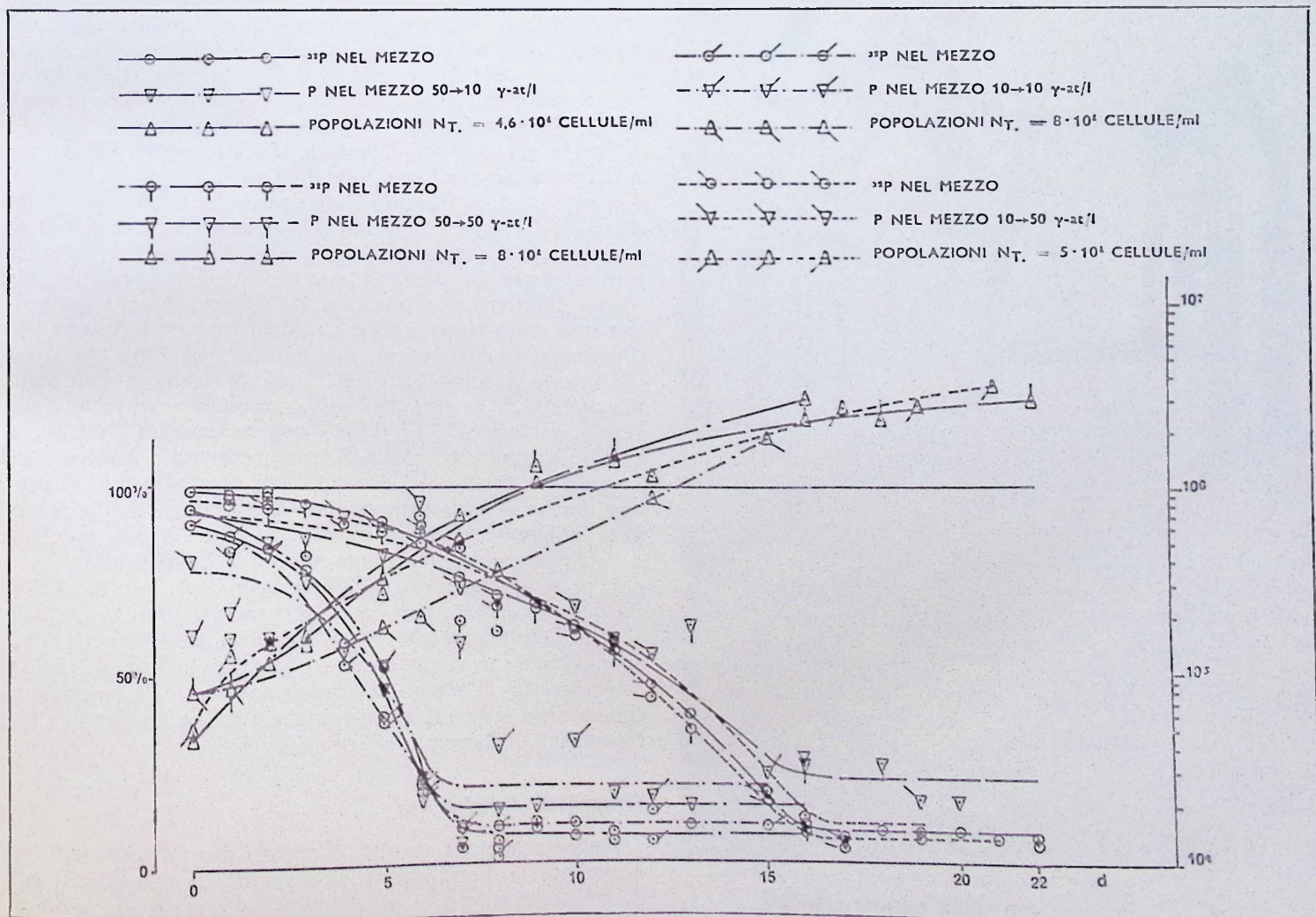
Nei primi anni dell'attività di ricerca l'interesse maggiore fu rivolto allo studio della distribuzione e della variazione stagionale delle specie di fitoplancton presenti nella zona-campione, in modo da poter effettuare in seguito esperimenti con radionuclidi sulle specie ecologiche di maggiore importanza presenti nel Mediterraneo. Durante questo studio è stato osservato che almeno il 50% della popolazione fitoplanctonica presente nel mare non era stata presa in considerazione precedentemente poiché non esisteva una tecnica adatta al conteggio ed alla valutazione di queste popolazioni consistenti, per la maggior parte, in flagellati (fig. 13) ed in forme di alghe molto delicate che si deteriorano subito dopo l'aggiunta di conservativi. Unico modo per lo studio di queste forme ancora sconosciute è un metodo di cultura. In futuro si pensa di sviluppare un metodo di conta diretta *in situ* basato sulla fluorescenza della clorofilla. Inoltre per l'identificazione delle specie del fitoplancton, in collaborazione con l'Istituto Sclavo di Siena, è stato sviluppato un metodo serologico che consente di distinguere marcando gli anticorpi con sostanze fluorescenti i diversi gruppi del fitoplancton. Questi studi si svilupperanno fino ad ottenere una tecnica automatica e continua, simile al sistema « Autoanalyzer » per l'identificazione meccanica di organismi fitoplanctonici. Applicando il metodo di campionamento utilizzato per le determinazioni continue di parametri chimici è stata studiata la micro-distribuzione degli organismi del fitoplancton (figg. 14-15).

(sopra) Fig. 13 - Distribuzione dei vari componenti del fitoplancton. (sotto) Fig. 14 - Distribuzione spaziale dei tre gruppi principali del fitoplancton « tradizionale » lungo tratti di prelievo con bolle d'aria a 5, 10, 20 m di profondità. Durante il prelievo continuo la nave si è spostata di 100 m. L'acqua è stata raccolta in 20 campioni





(sopra) Fig. 15 - Isolamento delle specie fitoplanctoniche in laboratorio. (sotto) Fig. 16 - Accumulo di ^{32}P e fosforo stabile da parte di « *Phaeodactylum tricornutum* ». Il fosforo stabile e quello radioattivo vengono accumulati nella stessa percentuale



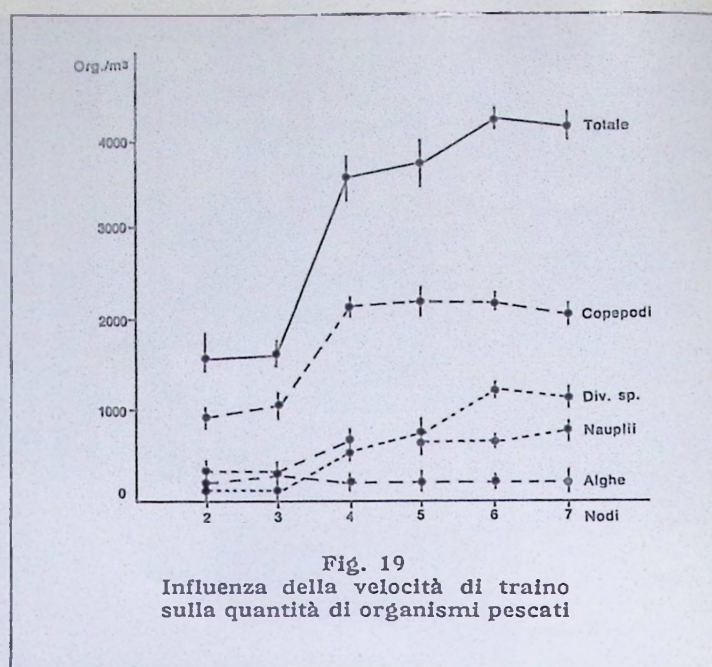
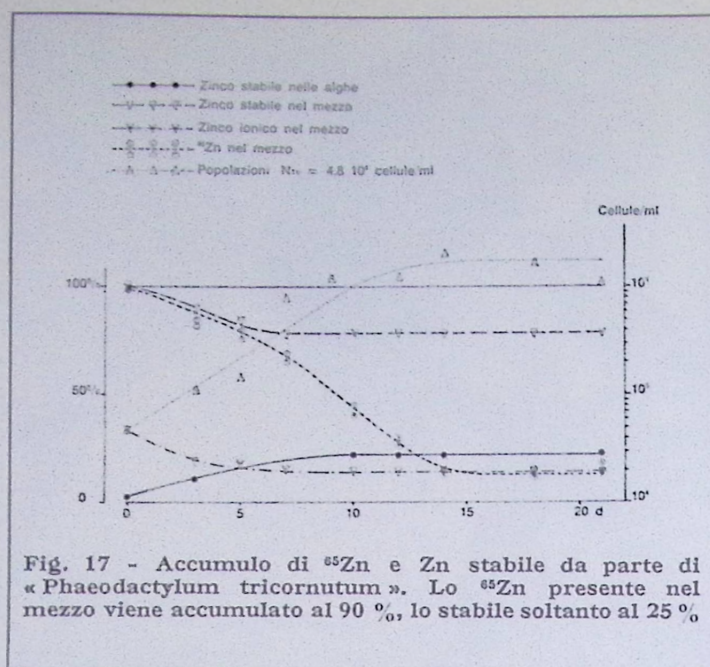


Fig. 18 - Prelievo con retini ad alta velocità

I risultati hanno dimostrato che il fitoplancton è distribuito molto irregolarmente ed ha una tendenza a formare sciami.

Questa tendenza deve essere presa in considerazione nella distribuzione dei radioisotopi nel fitoplancton.

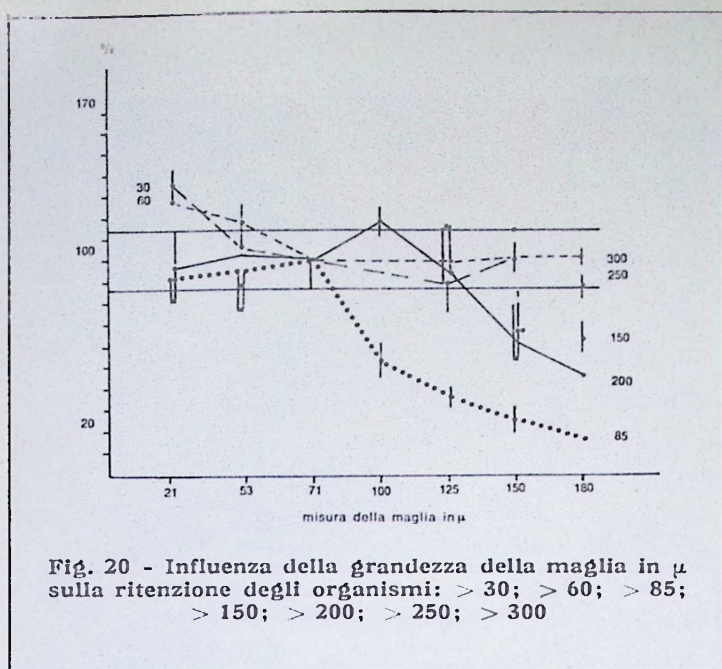
L'introduzione di radioisotopi può verificarsi a tutti i livelli della catena alimentare ed è ancora oggetto di discussione se l'accumulo diretto dei radioisotopi nell'acqua di mare sia più o meno importante di quello attraverso la catena alimentare. Soltanto le future esperienze potranno stabilire quale sia la via e le condizioni ambientali di accumulo più importanti per ogni singolo isotopo. Fino ad ora è stato studiato l'accumulo di ^{65}Zn , ^{89}Sr e ^{32}P . La scelta di questi isotopi è stata concordata con i laboratori con i quali esiste una collaborazione per evitare ripetizioni.

Per lo zinco e per il fosforo si sono seguiti l'accumulo e la perdita sia dell'isotopo stabile sia di quello radioattivo. I risultati ottenuti hanno dimostrato che mentre per il fosforo stabile e per il fosforo radioattivo l'accumulo è identico (fig. 16), l'accumulo dello zinco radioattivo differisce notevolmente in tutti gli esperimenti finora eseguiti, da quello dello zinco stabile (fig. 17). Questo diverso comportamento dello zinco stabile e radioattivo non è dovuto alla differenza fra gli isotopi, ma consiste nel fatto che il radioisotopo è introdotto nell'acqua di mare in uno stato fisico-chimico diverso da quello nel quale si trova lo zinco stabile nel mare. L'organismo può accumulare l'isotopo in uno stato piuttosto che nell'altro: se lo stato preferenziale è quello radioattivo si avranno alte concentrazioni di attività, anche se la concentrazione dell'elemento stabile è elevata e si può prevedere quindi una bassa attività specifica e di conseguenza una bassa attività nell'organismo.

Il programma futuro includerà ricerche sul problema dell'accumulo e della perdita di altri radioisotopi da parte di specie fitoplanctoniche e sull'influenza che i diversi stati fisico-chimici possono avere sul grado di accumulo. Inoltre sarà oggetto di studio la regolazione della concentrazione ionica nelle specie fitoplanctoniche e la sua importanza nel fenomeno dell'accumulo di radionuclidi.

Gruppo di Zooplankton

Analogamente a quanto effettuato per il fitoplancton si è studiata la distribuzione di organismi zooplanctonici per determinare le specie più comuni sulle quali verranno in



seguito eseguiti esperimenti sull'accumulo e perdita di radioisotopi.

Anche in questo caso è stato necessario in primo luogo studiare i metodi già esistenti e migliorarli prima di poter effettuare un'indagine efficace.

Dopo numerosi esperimenti eseguiti con apparecchiature e retini diversi, è stato costruito un campionatore di plancton ad alta velocità in grado di fornire dati rappresentativi ed attendibili (fig. 18) se trascinato a velocità superiori ai 5 nodi (fig. 19) e se nel conteggio si considerano soltanto gli organismi più grandi della maglia del retino usato (fig. 20).

Usando retini a maglie piccole (0,021 mm di diametro) è stato osservato che esiste una numerosa popolazione di zooplancton allo stadio giovanile per la quale non esiste nessuna chiave di identificazione e quindi è stata finora da tutti trascurata.

Poiché data la loro frequenza queste forme giovanili di plancton hanno certamente una funzione importante nella catena alimentare, è in preparazione una chiave per l'identificazione delle forme più comuni comprendente i vari stadi del loro sviluppo.

Per poter eseguire esperimenti sull'accumulo e la perdita di radioisotopi da parte di organismi zooplanctonici è stato necessario eseguire prove di allevamento perché non si ha nessuna conoscenza circa la coltivazione di questi organismi. Poiché essi sono molto sensibili specialmente alle contaminazioni chimiche dovute al terreno ed alla strumentazione usata, sono state analizzate le migliori condizioni ambientali ed il nutrimento adatto per coltivare due specie attraverso molte generazioni.

Fito e zooplancton hanno una capacità di concentrare i radioisotopi maggiore di quella dei pesci, infatti misure fatte durante il periodo di maggiore ricaduta radioattiva (1962-1964) hanno mostrato che il plancton accumula in grande quantità ^{144}Ce , ^{95}Zr - ^{95}Nb , ^{106}Ru - ^{106}Rh , mentre i pesci e, tra questi anche le sardine, che si nutrono di plancton e fanno parte quindi del più basso livello della catena alimentare, non hanno praticamente accumulato radioattività (fig. 21).

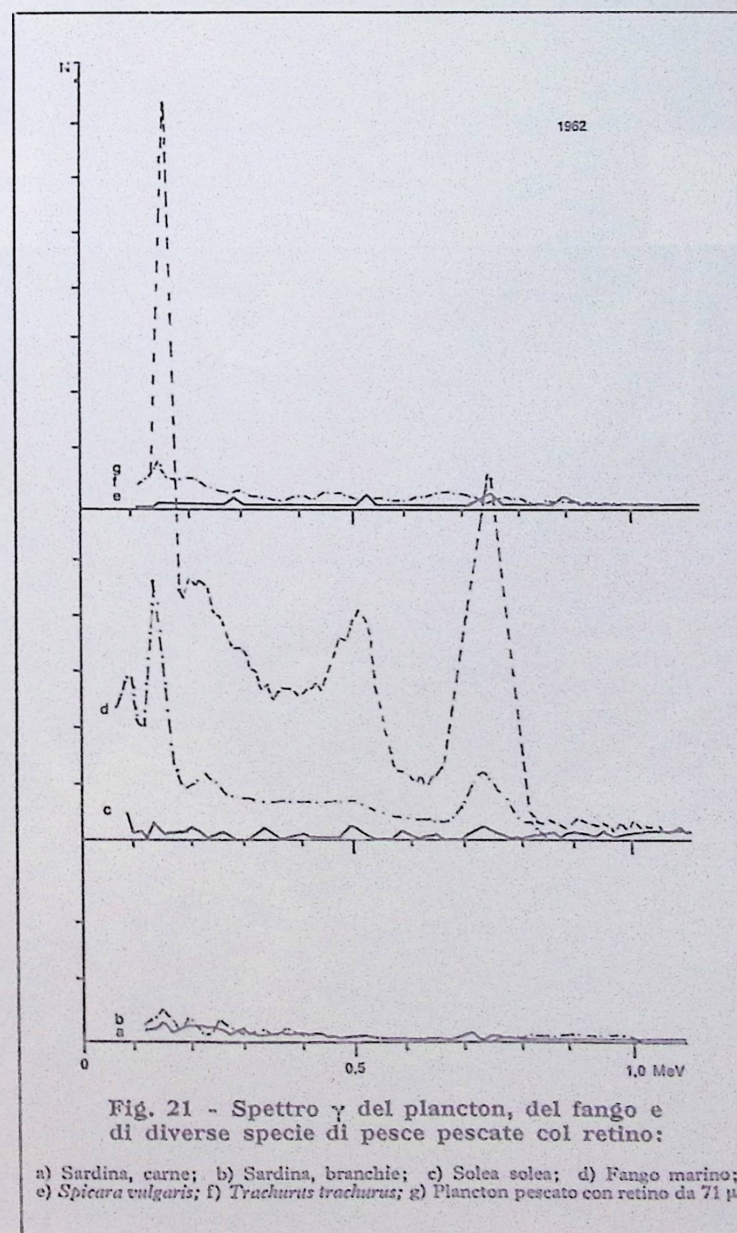
Gruppo di Microbiologia

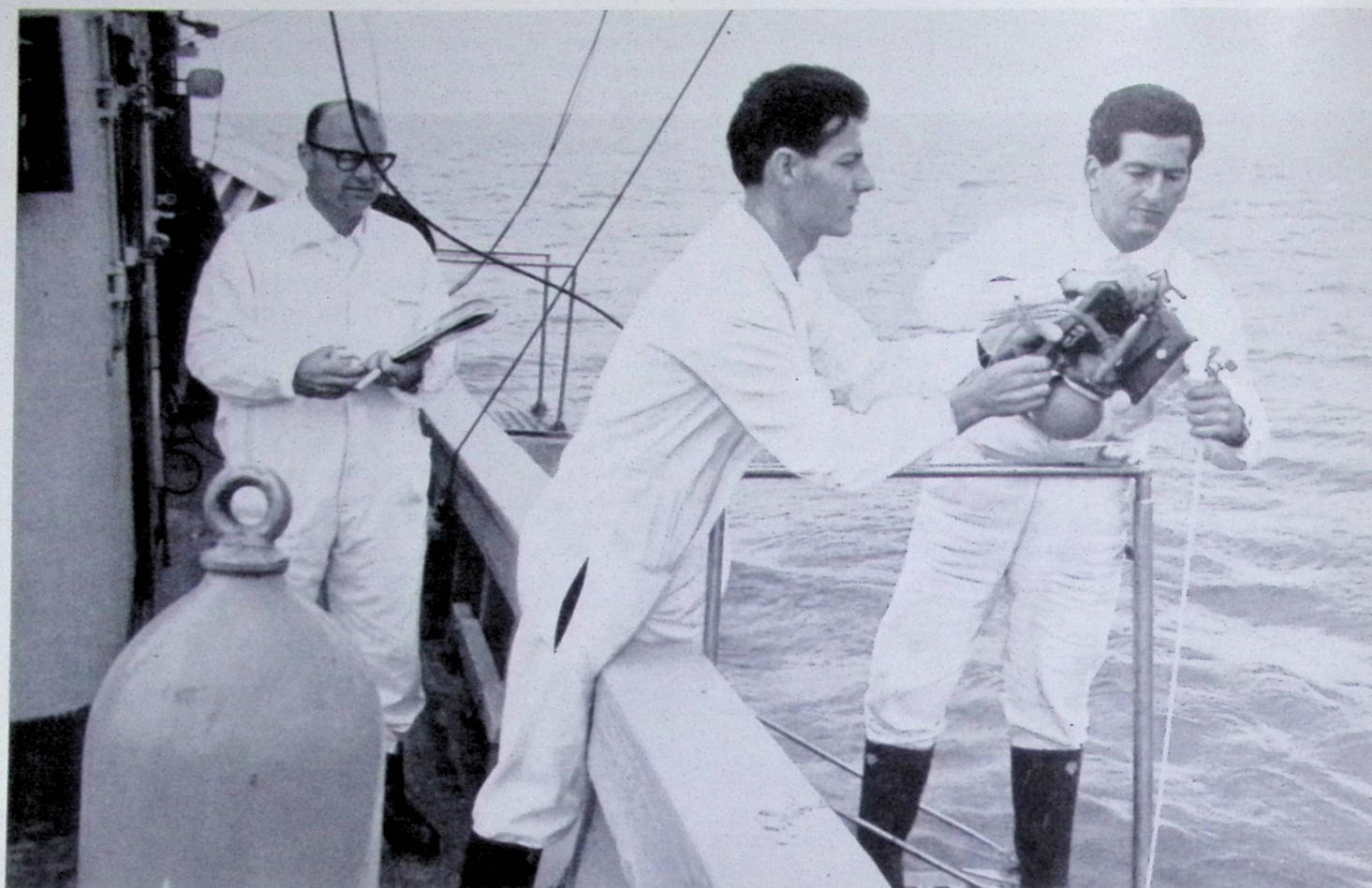
La funzione dei batteri del mare è pochissimo conosciuta. Si può però presumere che i batteri marini, analogamente

a quelli terrestri, abbiano la capacità di decomporre e mineralizzare le sostanze organiche e quindi di introdurre nuovamente elementi, compresi i radioisotopi, nella catena alimentare. Sfortunatamente di circa 50.000 batteri/ml osservati nel Mar Ligure, si è riusciti a coltivarne appena una ventina (figg. 22 e 23). Siccome i batteri marini si possono distinguere soltanto in base al carattere metabolico, l'impossibilità di coltivarli impedisce le analisi e le determinazioni della loro funzione e posizione nella catena alimentare.

In primo luogo, prima di intraprendere lo studio del problema della funzione dei batteri marini nell'ecosistema, è stata fatta una classificazione dei batteri coltivabili e in seguito all'elaborazione con un calcolatore è stato possibile attuare una chiave sistematica artificiale. Per poter ottenere informazioni sulla possibile attività metabolica della maggior parte dei batteri presenti nell'acqua di mare è stata sviluppata una tecnica, la quale per mezzo dell'autoradiografia ha permesso la determinazione dell'accumulo del ^{32}P . Poiché il P è un metabolita di grande *turn-over*, la quantità di ^{32}P accumulata da un singolo batterio e rilevata dall'autoradiografia dovrebbe dare un'informazione sulla attività metabolica dei batteri presenti nell'acqua di mare.

Esperimenti condotti su popolazioni naturali nel Mar Ligure e nel Golfo di Taranto hanno infatti dimostrato che ~ 10.000 batteri/ml assorbono ^{32}P (fig. 24). Usando diverse



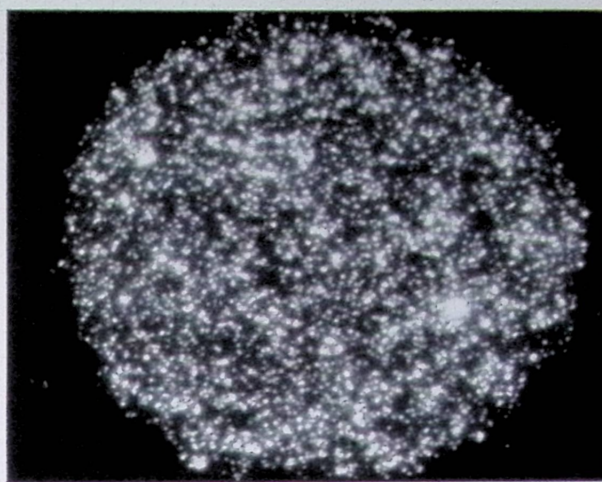


(sopra) Fig. 22 - Prelievo sterile di campioni di acqua di mare per l'isolamento dei microrganismi. (sotto) Fig. 23 - Esami batteriologici eseguiti a bordo

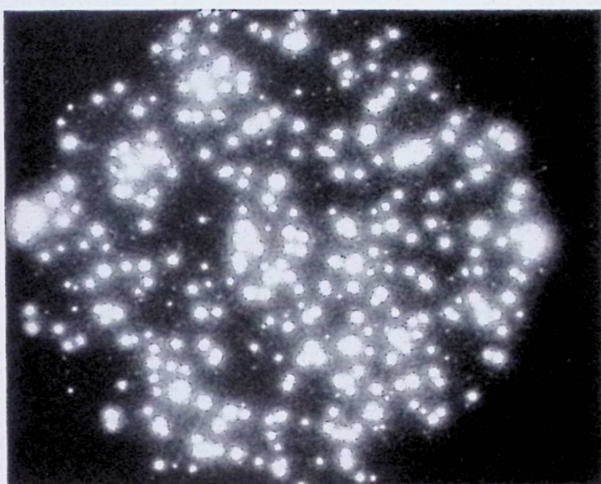




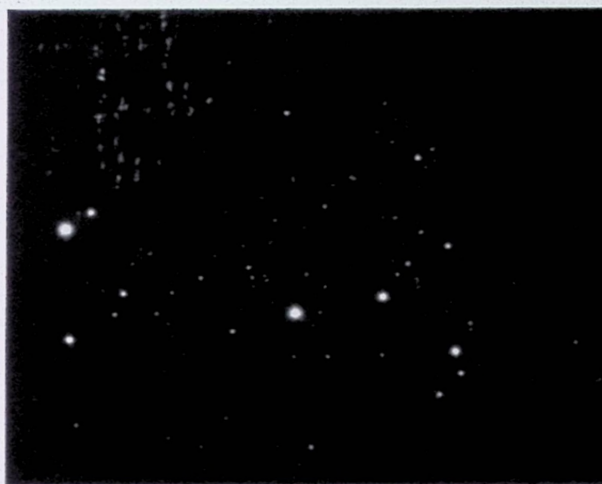
A



B



C



D

Fig. 24 - Accumulo di ^{32}P da parte di batteri marini rilevato mediante autoradiografia: A = Popolazione naturale a 30 m; B = Pop. nat. a 75 m; C = Acqua di mare sterilizz. agli UV e seminato ceppo λ ; D = Bianco acqua di mare sterilizz. agli UV

sostanze marcate con ^{14}C , potrebbe essere possibile stabilire i requisiti nutrizionali delle popolazioni naturali e ottenere informazioni sulla funzione dei batteri nell'ecosistema marino. La decomposizione di materie organiche e la liberazione di radioisotopi potrebbe ugualmente essere studiata facendo crescere batteri marini su substrati radioattivi e in tal modo far luce sulla funzione dei batteri nel passaggio dei radioisotopi nel sistema ecologico del mare.

Gruppo di Biologia della Pesca

Il Gruppo di Biologia della Pesca studia principalmente gli organismi marini (molluschi e pesci) che vengono direttamente utilizzati e consumati dall'uomo. Anche in questo programma di ricerche per prima cosa è stata studiata la distribuzione dei pesci e dei molluschi dei fondi pescosi del Mar Ligure davanti alle Cinque Terre, nel Golfo di La Spezia e delle zone davanti al Centro della Trisaia, nel golfo di Taranto.

Il problema della campionatura con i metodi di pesca tradizionali è molto complesso ed al momento attuale è possibile trarre soltanto conclusioni molto approssimative sulla distribuzione dei pesci e dei molluschi nel mare.

Infatti da esperimenti su pesche effettuate per un inte-

ro giorno con la rete a strascico (il metodo più usato nelle zone suddette), variando sia la durata che l'orario della pesca, si è potuto constatare una grande differenza fra le pesche sia dal punto di vista quantitativo che da quello qualitativo.

Per le previsioni ci si deve limitare solamente sul pescato.

Comunque anche le informazioni sulla quantità e qualità di pesce introdotto nei mercati ittici sono molto importanti per stimare la possibilità di contaminazione dovuta al pesce radioattivo consumato. A questo scopo sono state registrate, per il periodo di un anno, le ore lavorative fuori del porto di tutti i pescherecci di un tipico porto.

Il problema della crescita delle varie specie di pesce è ancora allo studio in quanto sono state rilevate grandi difficoltà nella determinazione dell'età dei pesci. Finora soltanto per due specie, è stato possibile effettuare una stima dell'età approssimativa seguendo l'aumento della lunghezza dei pesci durante l'anno. Il futuro lavoro del Gruppo sarà dedicato al proseguimento dello studio sulla distribuzione delle varie specie nel Mar Ligure e nel Golfo di Taranto, ad effettuare esperimenti sull'allevamento delle specie più importanti e quindi allo studio dell'accumulo dei radioisotopi, sia accumulati direttamente dall'acqua di mare che attraverso la catena alimentare.

Gruppo « Strumentazioni speciali »

Data la particolarità degli studi sulla radiocontaminazione del mare, fin dall'inizio fu riconosciuta la necessità di costituire un gruppo tecnico che potesse sviluppare le attrezzature oceanografiche necessarie.

Infatti tutte le attrezzature usate per prelievi ed esperimenti *in situ* sono state realizzate da questo Gruppo. In collaborazione con gli altri Gruppi per esempio, sono stati ideati e costruiti il sistema a bolle d'aria per il prelievo continuo sia verticale che orizzontale (fig. 25), il sistema « Autoanalyzer » subacqueo (fig. 26) ed un sistema che trasmette per via ultrasonica, temperatura, profondità e velocità relativa nell'acqua.

Sono stati sviluppati campionatori ad alta velocità con flussimetri calibrati, speciali campionatori per la raccolta dei campioni sterili nonché particolari verricelli adatti a campionamenti fino alla profondità di 6.000 m. Inoltre il Gruppo ha costruito diversi tipi di automatismi specialmente nel campo dei campionatori per il sistema « Autoanalyzer » e per l'assorbimento atomico, uno dei quali apre e chiude le bottiglie contenenti i campioni evitando così la possibile contaminazione atmosferica.

Nave laboratorio « Odalisca »

La N/L « Odalisca » (fig. 27) è un peschereccio di legno della lunghezza di 18 metri, costruito nel 1952 e trasformato nel 1963.

Nella trasformazione è stata messa sullo scafo una larga cabina di ferro. In questo modo si sono creati in coperta due laboratori di 3,75 m × 3,70 m ciascuno e una stanza termostatica di 2,40 m × 2,20 m. La sostituzione del motore

Diesel lento con uno veloce (Caterpillar DT 333 TA di 185 CVA a 1.800 giri/minuto con elica a passo variabile Lips) ha permesso di sistemare il locale motore nella poppa, lasciando libero lo spazio per due stanze frigorifere, una a - 20 °C e una a 0 °C, e per una terza stanza per lavori sterili, mantenuta a + 18 °C. La nave, oltre ai mezzi nautici, cioè 2 scandagli, radar, radiotelefono AM e uno a FM con una frequenza riservata per il laboratorio e un sistema facsimile per rilevare mappe meteorologiche, è dotata di 4 verricelli idraulici, 1 con cavo di nylon di 6.000 m (ø 6 mm) per il lavoro idrografico, 1 con cavo di nylon di 1.200 m (ø 12 mm) per pescate con retini ad alta velocità e altri lavori più pesanti. Due verricelli sono attrezzati con cavi elettrici, uno da 2.000 m a conduttore unico per l'uso principale della batisonda e uno di 500 m con 7 conduttori usato con varie attrezzature elettroniche.

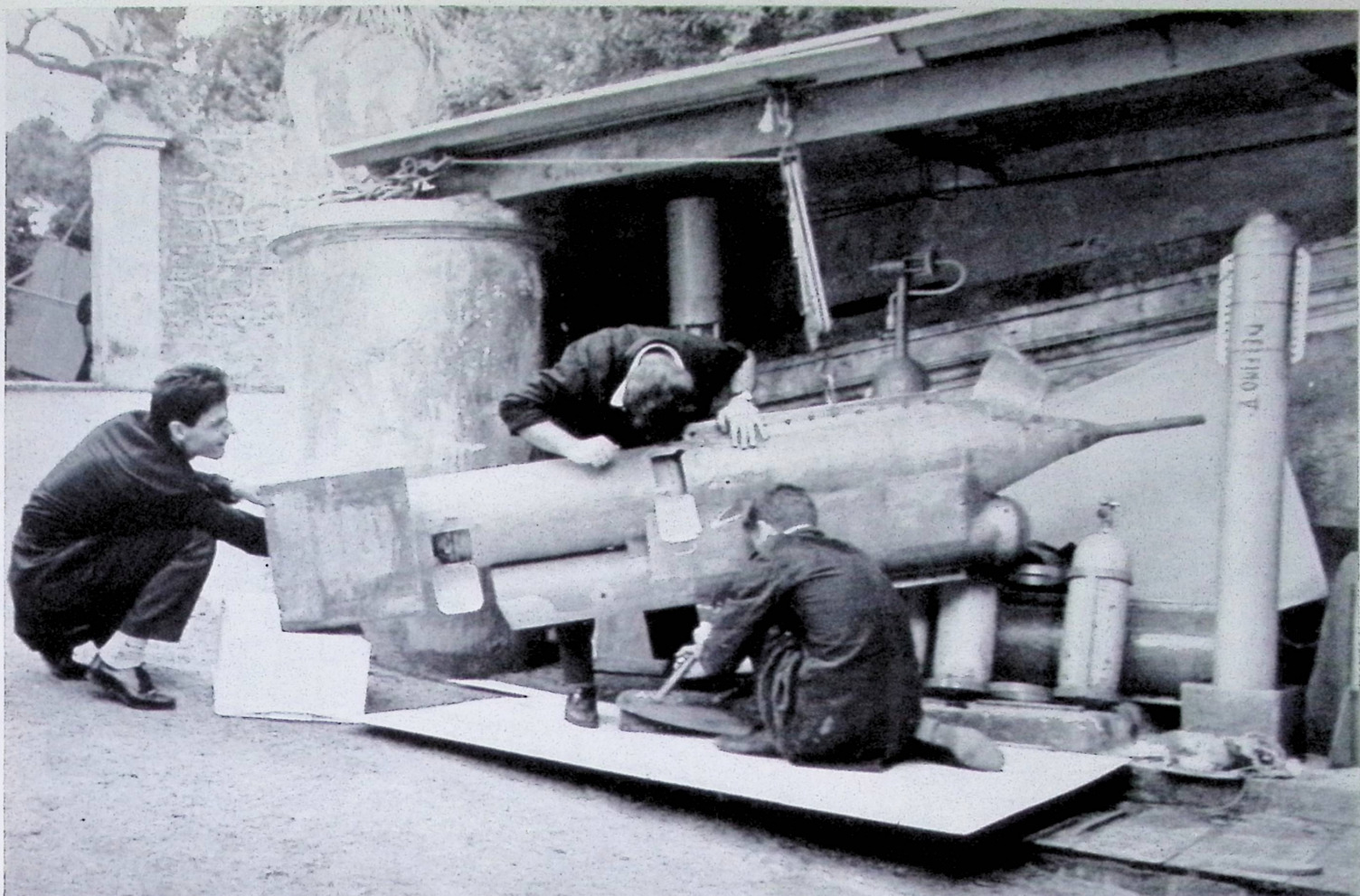
Le attrezzature oceanografiche standard comprendono 28 campionatori per l'acqua di mare tipo Van Dorn, con attrezzature per termometri a rovesciamento, 20 termometri a rovesciamento chiusi e 6 aperti, 10 apparecchi per prelievo sterile con 50 contenitori, un salinometro « Autolab », 20 retini ad alta velocità di varie grandezze completi di flussimetri calibrati, pompe varie per il prelievo di acqua, carotatore e benne, boe con schermi radar e ancore galleggianti.

A queste attrezzature si aggiungono di volta in volta attrezzature speciali come sistemi « autoanalyzer » e il polarografo per le determinazioni di parametri chimici *in situ*, la batisonda, correntometri, ecc.

L'autonomia della nave è di 1.000 miglia con una velocità massima di 9 nodi. L'energia elettrica viene fornita da due alternatori 25 kVA 360/220 V, 50 Hz. L'« Odalisca » dispone di due battelli pneumatici completi di motori fuoribordo nonché di un battello pneumatico di salvataggio.

Fig. 25 - Collaudo di apparecchiature subacquee con l'aiuto di sommozzatori





(sopra) Fig. 26 - Messa a punto del sistema «Autoanalyzer» per analisi subacquee. (sotto) Fig. 27 - La nave laboratorio «Odalisca»

