



Giaccone, Giuseppe; Cossu, Andrea Vito Luigi; Delorenzo, Rocco; Drago, Domenico; Muscetta, Pier Nicola (1988) *Studio di impatto ambientale nell'area portuale antistante lo stabilimento industriale EniChem di Porto Torres*. Bollettino della Società sarda di scienze naturali, Vol. 26 (1987/88), p. 43-67. ISSN 0392-6710.

<http://eprints.uniss.it/7177/>

BOLLETTINO

della

SOCIETÀ SARDA
DI SCIENZE NATURALI

La Società Sarda di Scienze Naturali ha lo scopo d'incoraggiare e stimolare l'interesse per gli studi naturalistici, promuovere e sostenere tutte le iniziative atte alla conservazione dell'ambiente e costituire infine un Museo Naturalistico Sardo.

S.S.S.N.
SOCIETÀ SARDA di SCIENZE NATURALI

Via Muroni, 25 - 07100 Sassari.

CONSIGLIO DIRETTIVO (1986-1988)

Presidente: Franca Valsecchi.
Segretario: Bruno Corrias.
Consiglieri: Giovanni Cordella, Franca Dalmasso, Paolo Roberto Federici, Maria Pala, Antonio Torre.
Revisori dei Conti: Aurelia Castiglia, Enrico Pugliatti, Giovanni M. Testa.
Collegio Probiviri: Tullio Dolcher, Giovanni Manunta, Vico Mossa.

Consulenti editoriali per il XXV Volume:

Prof. Pier Virgilio ARRIGONI (Firenze)
Prof. Angelo ARU (Cagliari)
Prof. Jaume BAGUNÀ (Barcellona)
Prof. Carlo BOTTEGHI (Venezia)
Prof. Jean Marie GEHU (Parigi)
Prof. Nullo Glauco LEPORI (Sassari)
Prof. Guido MOGGI (Firenze)
Prof. Enio NARDI (Firenze)
Prof. Gianfranco SALVATORINI (Siena)
Prof. Giacomo TRIPODI (Messina)

Direttore Responsabile e Redattore
Prof. FRANCA VALSECCHI

Autorizzazione Tribunale di Sassari n. 70 del 29.V.1968

Studio di impatto ambientale nell'area portuale antistante lo stabilimento industriale EniChem di Porto Torres

GIUSEPPE GIACCONE*, ANDREA COSSU**, ROCCO DELORENZO***, DOMENICO DRAGO**** e PIER NICOLA MUSCETTA*****

- * Istituto di Botanica, Università di Catania
- ** Istituto di Botanica, Università di Sassari
- *** Servizio Ecologia Stabilimento EniChem, Porto Torres
- **** Dipartimento di Scienze Botaniche, Università di Palermo
- ***** Servizio Ecologia EniChem, S. Donato Milanese

Giaccone G., Cossu A., Delorenzo R., Drago D., Muscetta P.N., 1988 - **Environmental study of the harbour sea area of petro-chemical plant (Porto Torres, North-Western Sardinia)**. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat., 26: 43-67.

This paper reports environmental study carried out in the seaport near Petro-chemical Plant of Porto Torres (North-Western Sardinia) eight years after study where four areas at different level of pollution were described.

In the meantime specific, ecological plants are realized i.e. liquid effluent collectors, biological water treatment plant and a settling basin of depurated effluents.

The present work shows a general improvement of the harbour area, as water quality and transparency, heavy metals content of sediments and aquatic flora.

In this way two different methods are used (synecological and chemical), i.e. mapping of biotic community, density of *Posidonia oceanica* seagrass, chemical analysis of oysters, *Posidonia's* rhizome and leaf, water and sediments.

KEY WORDS: Environmental study, pollution, synecological and chemical methods, Sardinia.

Nel 1978, a seguito dell'entrata in vigore della legge n. 319/76, in collaborazione col Servizio Ecologia dello Stabilimento EniChem (ex SIR) di Porto Torres, il Dipartimento di Botanica dell'Università di Palermo avvia un'indagine mirante alla caratterizzazione chimica, fisica e biologica del tratto di mare antistante il porto industriale influenzato dagli scarichi dello stabilimento. Questa indagine viene

effettuata anche per valutare i futuri effetti del depuratore delle acque industriali in fase di realizzazione. I risultati (BARONE et al. 1985; GIACCONE et al. 1980) evidenziano un ampio tratto di mare a vari gradi di compromissione anche a causa dello scarico a mare del materiale di dragaggio del nascente porto industriale. Lo studio si conclude nel 1980 ed i risultati vengono sintetizzati in una cartografia dei popolamenti bentonici dove si evidenziano sostanzialmente quattro zone a caratterizzazione chimica, fisica e biologica differenti. Quell'indagine voleva essere anche una valutazione dell'impatto ambientale causato dall'utilizzazione del territorio a terra e a mare sia come sito di un'industria petrolchimica sia come sede di una infrastruttura portuale di recente costruzione.

Nel 1984 è attivato l'impianto consortile di depurazione; le acque di scarico, prima di versarsi all'interno del porto industriale, vengono fatte decantare in un vasto bacino di calma, importante infrastruttura che permette di rimescolare l'ingente volume d'acqua di raffreddamento degli impianti ottenendo così, oltre ad un abbassamento della temperatura, una diluizione del refluo depurato e una decantazione ulteriore delle acque industriali.

Nel 1987 lo studio è ripreso anche con la collaborazione degli Istituti di Botanica delle Università di Sassari e di Catania ed esso, dopo tre anni di funzionamento del depuratore consortile, non mira solo ad una semplice operazione di controllo ambientale, ma vuole essere una verifica sull'efficacia delle opere di risanamento realizzate secondo le indicazioni scaturite dallo studio del 1978, valutandone l'efficacia in base anche al ripopolamento delle aree allora più compromesse.

METODI

Sulla base dei risultati analitici e della localizzazione delle biocenosi bentoniche desunta dai risultati dell'indagine del 1978, sono stati fissati quattro punti di prelievo nelle quattro aree omogenee, più un quinto punto di controllo in una zona non influenzata da scarichi industriali (fig. 1).

Inoltre sono stati considerati due bianchi di riferimento in località Punta Negra e Cala Reale (I. Asinara, rispettivamente a 9 e 13 miglia c.a. ad ovest della zona in oggetto.

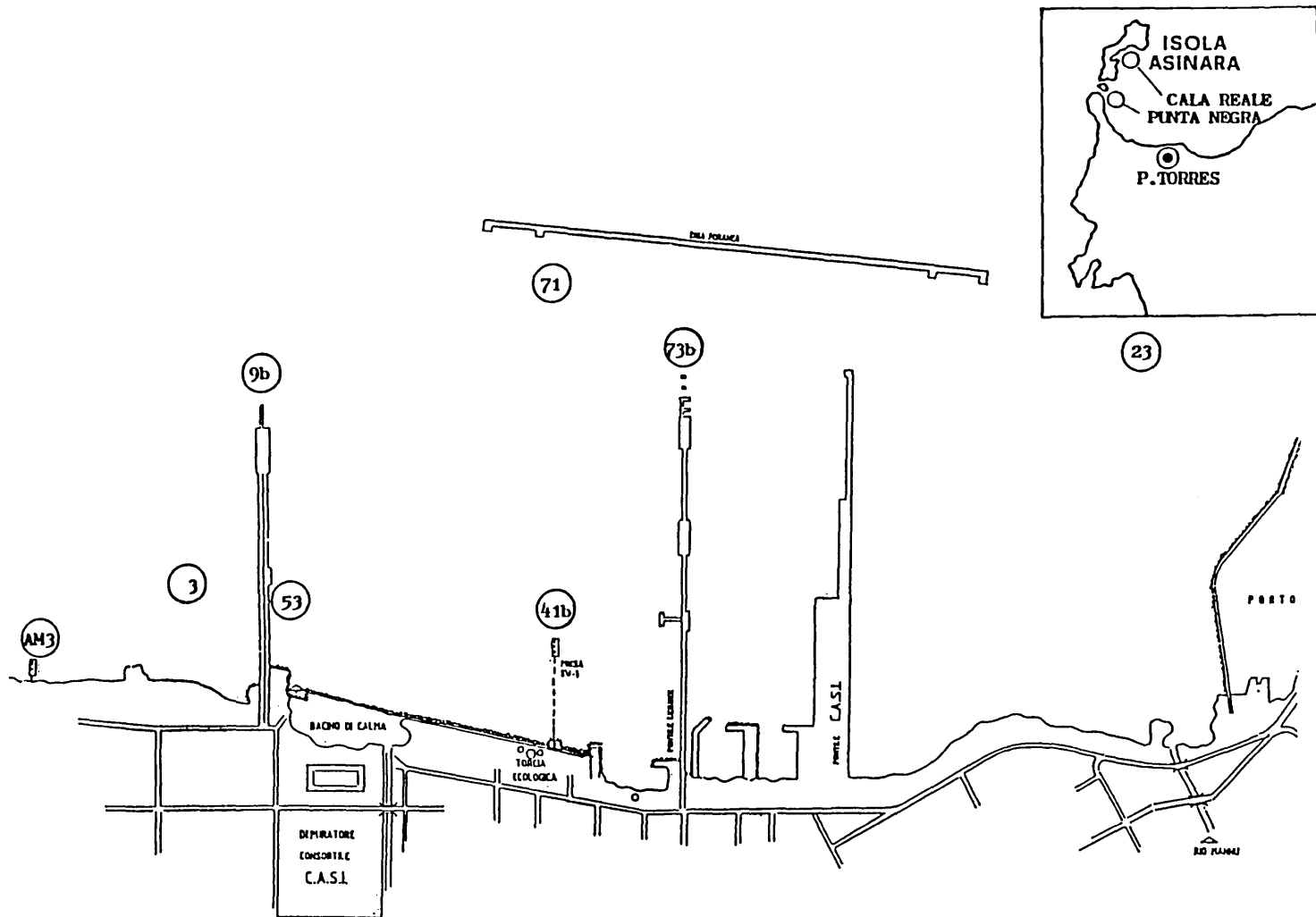


Fig. 1 - Area Portuale Inseidamento Industriale P. Torres - CARTA DELLE STAZIONI (Determinazione dei parametri chimico-fisici sulle tre matrici: acque, sedimenti, organismi).

Con periodicità mensile (novembre '86 - ottobre '87) nell'acqua sono stati determinati: trasparenza (disco Secchi), temperatura; a 0,2 m di profondità, salinità, O₂ disciolto, pH, N-NH₃, N-NO₂, N-NO₃, P-PO₄, Si-SiO₃, Cu, Hg, Cr, Clorofilla *a* fitoplanctonica (Strickland-Parson, 1972).

I sedimenti sono stati prelevati con l'ausilio di sommozzatori, con cadenza stagionale, su una superficie di 400 cm², per uno spessore di 10 cm, determinando granulometria, Cu, Hg e Cr (FAO, 1975).

Sono state effettuate inoltre raccolte stagionali di *Posidonia oceanica* (L.) Delile (foglie e rizomi) e *Crassostrea gigas* (Thun.) (muscolo), determinando Cu, Hg e Cr (FAO, 1975).

Per la realizzazione della cartografia del benthos sono stati tracciati 27 transetti (fig. 2) valutando l'omogeneità dell'area, la prevalente componente bentonica e la copertura.

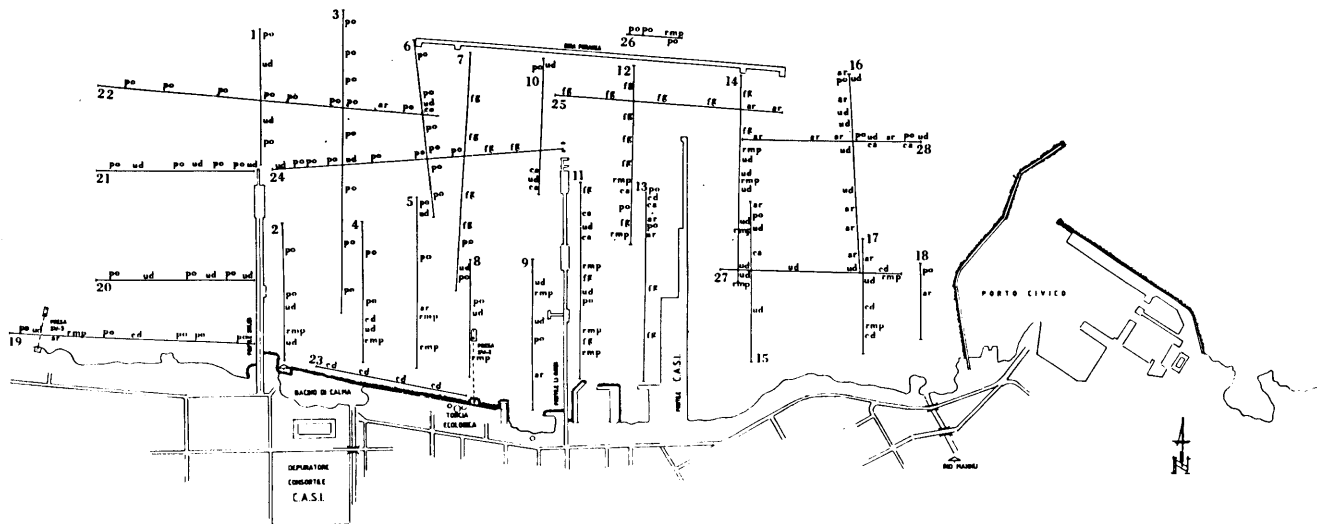
La caratterizzazione del Posidonieto è stata fatta su quattro transetti con 25 prelievi (fig. 3) di 1600 cm² (40 × 40 cm) di superficie (PANAYOTIDIS, 1980), suddivisi rispettivamente in: quindici nella zona in cui il posidonieto appariva in situazione di equilibrio; cinque nella zona di ripopolamento della posidonia, cinque nella zona a prevalente copertura algale. Si è valutata la copertura, la sua densità ed inoltre la qualità e la quantità della flora epifita associata sia alle foglie sia ai rizomi.

La simbologia della cartografia bentonica è quella proposta da MEINESZ et al. (1983).

RISULTATI

La consistenza floristica del tratto di mare interessato è di 98 specie (Tab. 1).

Lo spettro floristico delle principali famiglie (fig. 4) evidenzia una notevole analogia con quello della Sicilia e Isole minori (GIACONE et al. 1985) e il rapporto R/P pari a 3,1 è uguale a quello dei settori centro-meridionali del Mediterraneo (FUNARI, 1984). La modesta consistenza delle cianofee bentoniche (4,1%) si spiega con l'esiguità di substrati duri naturali e con l'assenza di comunità mesolitorali strutturate e mature nei substrati artificiali. Le clorofee hanno una consistenza tipica e sono rappresentate sia come numero di specie, sia come densità di popolamento, da entità polienergidici sifonali caratterizzate da efficienti sistemi di mineralizzazione. La relativa



LEGENDA:

- po = *Posidonia oceanica* in prateria densa, a chiazze e/o in individui isolati
- ar, ud, rmp = Alghe rosse, *Udotea* ed altre alghe su rizomi morti di *Posidonia*
- ca = Substrato fangoso con *Caulerpa prolifera*
- cd = Substrato duro coperto da vegetazione con dominanza del genere *Codium*
- fg = Substrato fangoso con rari vegetali ed animali

Fig. 2 - Area Portuale Insiadimento Industriale P. Torres - CARTOGRAFIA DEI POPOLAMENTI MACROBENTONICI (Delimitazione e descrizione dei 27 transetti).

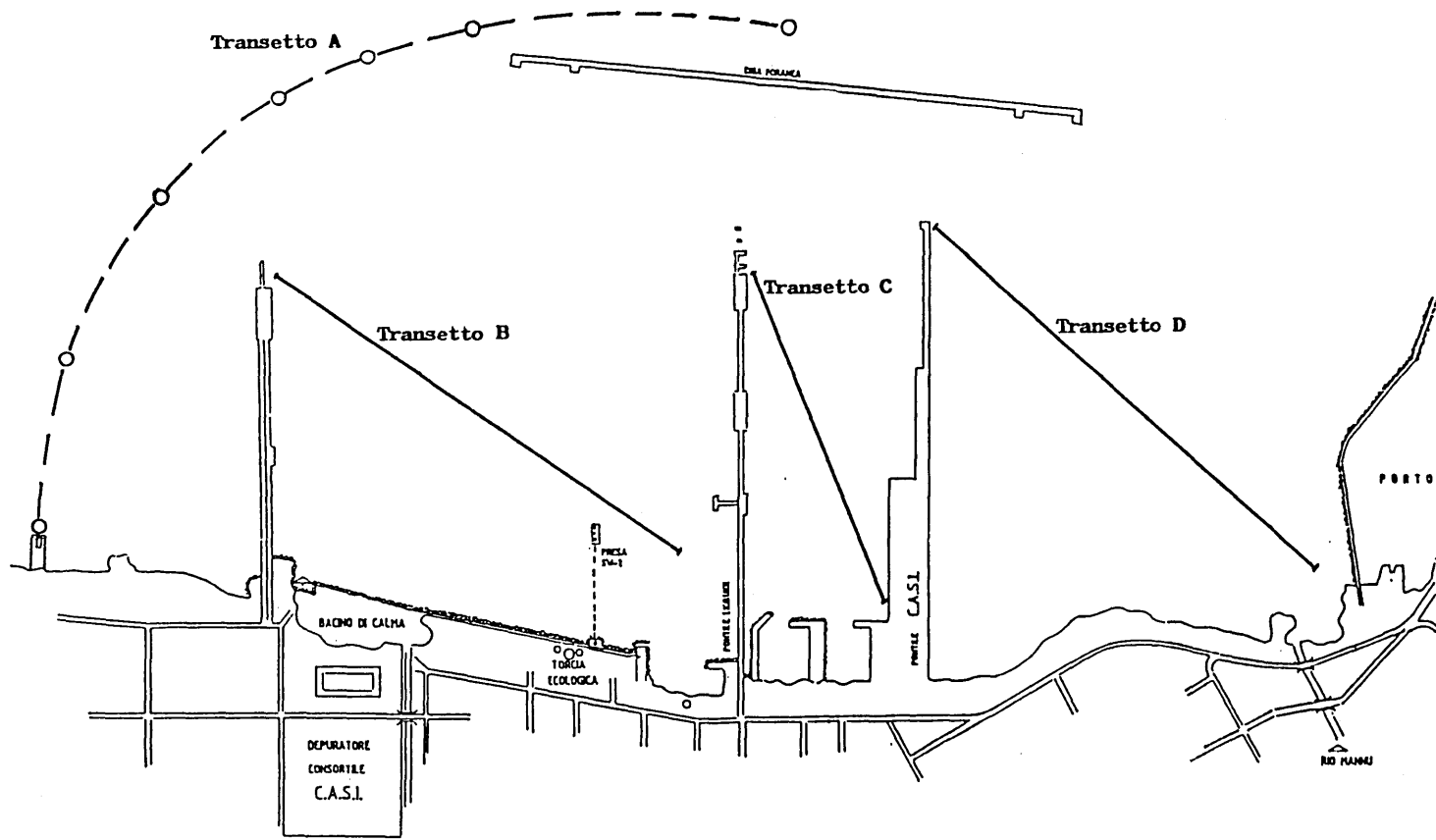


Fig. 3 - Area Portuale Inseadimento Industriale P. Torres - CARTOGRAFIA DEI POPOLAMENTI MACROBENTONICI (Caratterizzazione del posidonieto in 25 prelievi su 4 transetti).

Tab. 1 - Elenco generale delle alghe bentoniche rilevate nell'area antistante al porto industriale

<i>Calothrix aeruginea</i> (Kuetzing) Thuret
<i>Lyngbya baculum</i> Gomont
<i>Lyngbya confervoides</i> C. Agardh
<i>Lyngbya majuscula</i> Harvey
<i>Bangia atropurpurea</i> (Roth) C. Agardh
<i>Acrochaetium crassipes</i> Boergesen
<i>Gelidiella nigrescens</i> (J. Feldmann) J. Feldmann et Hamel
<i>Gelidium latifolium</i> (Greville) Bornet in Bornet et Thuret v. <i>hystrix</i> (J. Ag.) Hauck
<i>Gelidium spathulatum</i> (Kuetzing) Bornet
<i>Gracilaria corallicola</i> Zanardini
<i>Plocamium cartilagineum</i> (L.) Dixon
<i>Plocamium vulgare</i> Lamouroux
<i>Caulacanthus ustulatus</i> (Mertens) Kuetzing
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> Stackhouse
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) Lamouroux
<i>Phyllophora sicula</i> (Kuetzing) Guiry et Irvine
<i>Schottera nicaeensis</i> (Duby) Guiry et Hollenberg
<i>Rhodymenia ardissoni</i> J. Feldmann
<i>Gastroclonium clavatum</i> (Roth) Ardissoni
<i>Acrosymphyton purpuriferum</i> (J.A. Agardh) Sjoestedt
<i>Contarinia squamariae</i> (Meneghini) Denizot
<i>Peyssonnelia polymorpha</i> (Zanardini) Schmitz
<i>Peyssonnelia rosa-marina</i> Boudouresque et Denizot
<i>Peyssonnelia rubra</i> (Greville) J. Agardh
<i>Peyssonnelia squamaria</i> (Gmelin) Decaisne
<i>Peyssonnelia stoechas</i> Boudouresque et Denizot
<i>Amphiroa beauvoisii</i> Lamouroux
<i>Amphiroa rigida</i> Lamouroux
<i>Corallina elongata</i> Ellis et Solander
<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus
<i>Fosliella farinosa</i> (Lamouroux) Howe f. <i>callithamnioides</i> (Foslie) Chamberlain.
<i>Goniolithon papillosum</i> (Zanardini) Foslie
<i>Litholepis mediterranea</i> Foslie
<i>Lithophyllum incrustans</i> Philippi
<i>Lithophyllum racemus</i> (Lamarck) Foslie
<i>Lithothamnium corallioides</i> P.L. et H.M. Crouan
<i>Neogoniolithon mamillosum</i> (Hauck) Setchell et Mason
<i>Neogoniolithon notarisii</i> (Dufour) Setchell et Mason
<i>Phymatolithon lenormandii</i> (Areschoug) Adey
<i>Pneophyllum confervicolum</i> (Kuetzing) Chamberlain
<i>Pneophyllum lejolisii</i> (Rosanoff) Chamberlain
<i>Pseudolithophyllum expansum</i> (Philippi) Lemoine
<i>Pseudolithophyllum expansum</i> (Philippi) Lemoine f. <i>stictaeforme</i> Phil.
<i>Spongites fruticulosa</i> Kuetzing
<i>Asparagopsis armata</i> Harvey
<i>Antithamnion cladodermum</i> (Zanardini) Hauck
<i>Antithamnion tenuissimum</i> (Hauck) Schiffner
<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye
<i>Callithamnion neglectum</i> (G. Feldmann-Mazoyer) Ballesteros et Romero
<i>Ceramium codii</i> (Richards) G. Mazoyer
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightfoot) Roth

segue Tab. 1

Ceramium rubrum (Hudson) C. Agardh v. *barbatum* (Kuetzing) J. Agardh
Monosporus pedicellatus (Smith) Solier v. *tenuis* G. Feldmann-Mazoyer
Spyridia filamentosa (Wulfen) Harvey
Acrosorium venulosum (Zanardini) Kylin
Chondria dasiphylla (Woodward) C. Agardh
Chondria mairei G. Feldman
Herposiphonia secunda (C. Agardh) Ambronn. f. *tenella* (C. Agardh) Wynne
Polysiphonia dichotoma Kuetzing
Polysiphonia urceolata (Dillwyn) Greville
Polysiphonia variegata (C. Agardh) Zanardini
Pterosiphonia pennata (Roth) Falkenberg
Lithoderma adriaticum Hauck
Nemoderma tingitanum Schousboe
Ralfsia verrucosa (Areschoug) J. Agardh
Stypocaulon scoparium (L.) Kuetzing
Sphacelaria tribuloides Meneghini
Halopteris filicina (Grateloup) Kuetzing
Cladostephus spongiosus (Hudson) C. Agardh f. *verticillatus* (Lightfoot) P. van Reine
Dictyota linearis (C. Agardh) Greville f. *linearis*
Dictyota linearis (C. Agardh) Greville f. *divaricata* Kuetzing
Dictyota dichotoma (Hudson) Lamouroux v. *implexa* (Desf) S.F. Gray
Dilophus fasciola (Roth) Howe
Dilophus repens (J. Agardh) J. Agardh
Padina pavonica (L.) Lamouroux
Colpomenia peregrina (Sauvageau) Hamel
Colpomenia sinuosa (Roth) Derbés et Solier
Myrionema orbiculare J. Agardh
Giraudia sphaclearioides Derbés et Solier
Liebmannia leveillei J. Agardh
Enteromorpha compressa (L.) Greville
Enteromorpha intestinalis (L.) Link
Enteromorpha linza (L.) J. Agardh
Ulva rigida C. Agardh
Cladophora coelothrix Kuetzing
Cladophora pellucida (Hudson) Kuetzing
Cladophora prolifera (Roth) Kuetzing
Valonia utricularis (Roth) C. Agardh
Derbesia tenuissima (sporofito) (De Notaris) P.L. et H.M. Crouan
Derbesia solierii Feldmann
Bryopsis cupressina Lamouroux
Caulerpa prolifera (Forsskal) Lamouroux
Codium bursa (L.) C. Agardh
Codium decorticatum (Woodward) Howe
Codium fragile (Suringar) Hariot
Acetabularia acetabulum (L.) Silva
Halimeda tuna (Ellis et Solander) Lamouroux
Udotea petiolata (Turra) Boergeusen

scarsità di Ulvacee è da porre in relazione allo scarso contenuto di sostanza organica disciolta e dalla costanza della salinità che si aggira intorno al 37‰ (fig. 5).

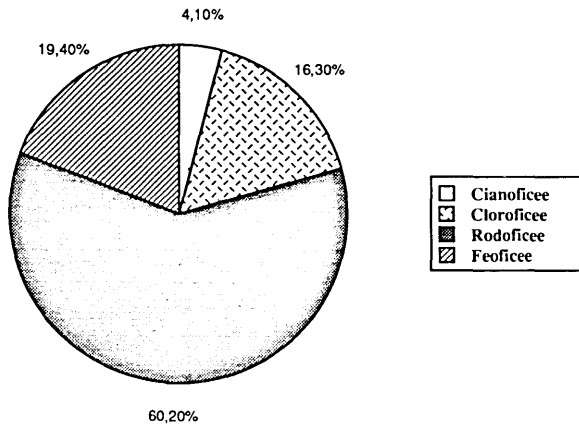


Fig. 4 - SPETTRO FLORISTICO delle Alghe bentoniche nell'area antistante il porto industriale di P. Torres (1987).

Le Rodoficee hanno una netta dominanza (60,2%) favorite da acque con nutrienti e quantità di luce più vicini ad ambienti infracircolitorali che non a quelli in oggetto appartenenti all'infralitorale superiore. La composizione floristica, se si eccettuano le aree in equilibrio con posidonieto perfettamente strutturato, è tipica degli ecotoni dell'infralitorale inferiore (pareti, strapiombi, ecc.), in cui si addensano disordinatamente specie a larga valenza ma con esigenze moderatamente reofile, sciafile e con disponibilità di nutrienti.

Anche le caratteristiche chimico-fisiche delle acque dell'area in studio sono paragonabili a quelle dell'infracircolitorale con eccezione dei fondali definibili come fanghi portuali in cui si accumula il particellato fine e dove vegeta con scarsa densità *Caulerpa prolifera*.

La prateria a *Posidonia oceanica* mostra una copertura media dell'80-90% con una densità media pari a 300-350 fascicoli per m² che ne denota lo stato di salubrità (PANAYOTIDIS, 1980); la vegetazione di sottostrato (con dominanza di *Udotea petiolata* e *Peyssonnelia squamaria*) è ben strutturata ma non si può dire lo stesso per gli epi-

fiti delle foglie che mostrano generalmente scarsa copertura anche se buona diversità specifica (Tab. 2). Man mano che ci si addentra nell'area portuale in cui è in atto un significativo ripopolamento a *P. oceanica* (cfr. fig. 14 e fig. 15), la densità delle epifite delle foglie si impoverisce ulteriormente.

Tab. 2 - Quadro sinottico delle osservazioni nei transetti dell'area del porto industriale

Transetto	St. n.	N. plot	Profondità (m)	Copertura (%)	Densità Posidonia (fascicoli m ⁻²)	Sp. (epifite) prevalenti
(A)	1	2	8	80	300	Up+, Ps, Pu, Gc, Ht, Pc, Dd, Ps, Cd.
(A)	2	2	12	80-90	300-350	idem, Dd+
(A)	3	1	15	80-90	300	idem, Dd++
(A)	4	2	18	70-80	150	idem, Dd+, Pu+
(A)	5	2	18	70	100-150	idem, Up
(A)	6	3	20	70	100-150	idem
(A)	7	3	22	40-50	20	idem, Up+++ , Pu+++
(B)	—	5	8-15	80	< 10	P.sp+++
(C)	—	—	8-15	30	—	Up.
(D)	—	5	6-20	60-70	—	Up, P. sp. Cp, Cu+++

LEGENDA:

Cd = *Chondria dasyphylla*

Cp = *Caulerpa prolifera*

Cu = *Caulacantus ustulatus*

Dd = *Dictyota dichotoma*

Gc = *Gracilaria corallicola*

Ht = *Herposiphonia secunda* v. *tenella*

P. sp. = *Polysiphonia* sp.

Pc = *Plocamium cartilagineum*

Ps = *Peyssonnelia squamaria*

Ps = *Phyllophora sicula*

Pu = *Polysiphonia urceolata*

Up = *Udotea petiolata*

+ abbondanti; ++ particularm. abb.; +++ molto abb.

In alcune aree è evidente un ripopolamento a carico della componente algale; questa si fissa prevalentemente sui rizomi morti di *P. oceanica* che si presentano ripuliti della coltre fangosa abbondante nel 1978. Le specie dominanti sono quelle tipiche di sottostrato del posidonieto con prevalenza di *Udotea petiolata* (copertura 50-60%).

Sui sedimenti grossolani presenti sulla congiungente la punta del molo CASI con quella del Porto Civico si afferma, nelle vecchie intermattes, una biocenosi impoverita di un detritico costiero con una evidente facies a *Spongites fruticulosa* e *Neogoniolithon mammosum*.

Sulle calcareniti organogene dell'area costiera, a Ovest del pontile liquidi, nell'infralitorale superiore, si ha una notevole copertura (30-50%) a *Codium fragile* con sparsi individui di *Codium decortcatum*.

Sui massi di protezione e sulle pareti della diga foranea si sta formando un'importante biocenosi infra-circalitorale con dominanza di Spugne e *Codium bursa*.

Imponente in tutta l'area è la presenza di banchi di Ostriche, mentre i Mitili sono scarsi o poco sviluppati, con eccezione di aree puntiformi. Questa predominanza di Ostriche sui Mitili ha rovesciato la situazione presente nel 1978.

Le analisi chimico-fisiche relative alle matrici oggetto di studio vengono riportate in figura, rispettivamente, come valori medi su undici campioni mensili, per le acque e come medie di quattro campionamenti stagionali, per sedimenti, posidonie e ostriche.

Mentre non si rilevano fenomeni particolari per ciò che concerne le variazioni di pH, temperatura, ossigeno e salinità, per quanto attiene alla trasparenza (fig. 5) a fronte di un valore medio complessivo di 8-9 m di disco Secchi su tutta l'area portuale, si evidenziano notevoli escursioni nel corso del periodo esaminato; in particolare nella st. 23 queste oscillano da minimi di 1,7 m in novembre fino a massimi di 15 m in ottobre. Il valore minimo si riferisce ad una particolare situazione caratterizzata da un notevole contributo di acque alluvionali e ai residui di una precedente mareggiata; le particolari condizioni dell'ambiente in questo campionamento trovano riscontro anche nei valori di silice e ammoniaca (fig. 7) in cui coincidono i massimi assoluti che si riscontrano appunto nella st. 23 con $15,1 \mu\text{g At l}^{-1}$ N-NH₃ e $15,2 \mu\text{g At l}^{-1}$ come Si-SiO₂.

Tra i nutrienti algali è da rilevare l'abbondanza relativa di P-PO₄ (min. 0,5 - max 34 $\mu\text{g At l}^{-1}$) e N-NO₃ (min. 0,2 - max 10,9 $\mu\text{g At l}^{-1}$) nella st. 53 attigua alla piattaforma centrale pontile solidi; la prima, legata presumibilmente alla movimentazione della fosforite (materia prima dello stabilimento); la seconda, legata al contributo delle acque reflue dal trattamento biologico relativo alla linea oleosa del depuratore consortile.

La clorofilla *a*, sia dai contenuti medi (fig. 7) sia dall'andamento mensile (fig. 8) evidenzia un graduale aumento della st. P/AM-3 alla st. 73 bis correlata alla concentrazione dei nutrienti. La concentrazione dei metalli (fig. 6) nelle varie stazioni evidenzia che i valori medi non si discostano significativamente da quelli riscontrati nella stazione di Punta Negra (Bianco-1). In merito ai risultati delle analisi dei metalli pesanti dei sedimenti (fig. 9) si osserva una maggiore concentrazione di cromo e rame in corrispondenza delle st. 71 e 73 bis

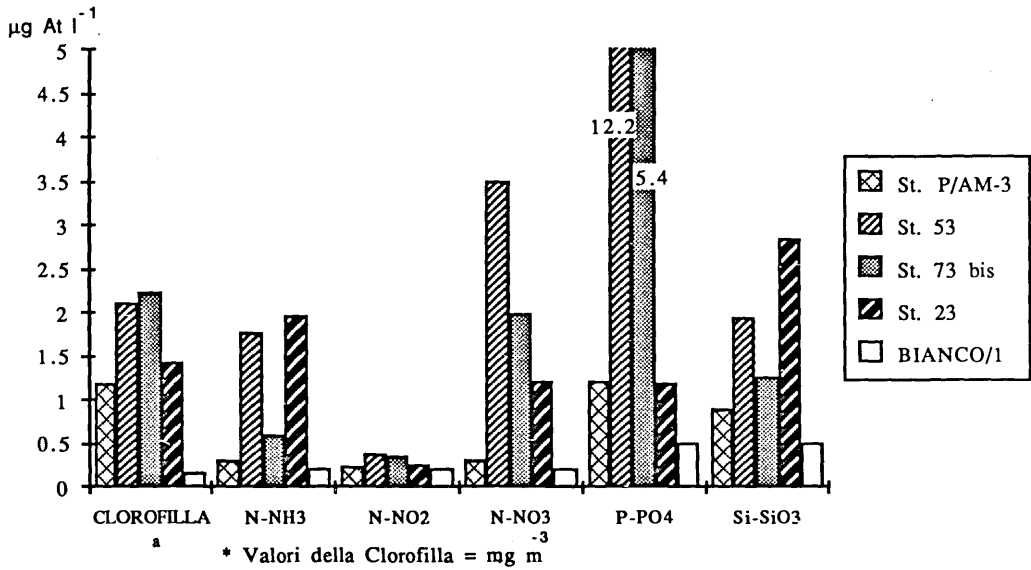


Fig. 5 - Determinazione dei parametri chimico-fisici delle Acque (Valori medi relativi a 11 campionamenti mensili).

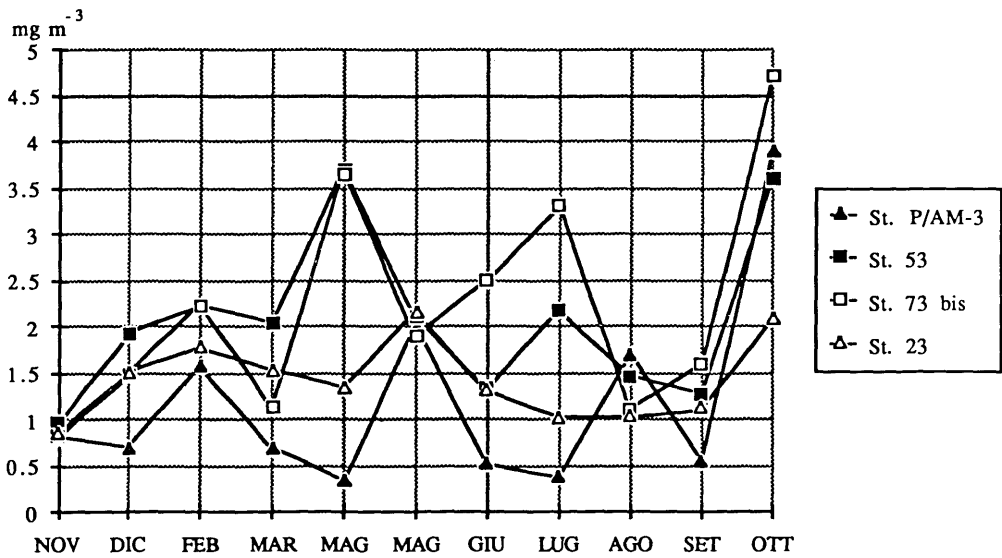


Fig. 6 - Determinazione dei metalli nelle Acque (Valori medi relativi a 11 campionamenti mensili).

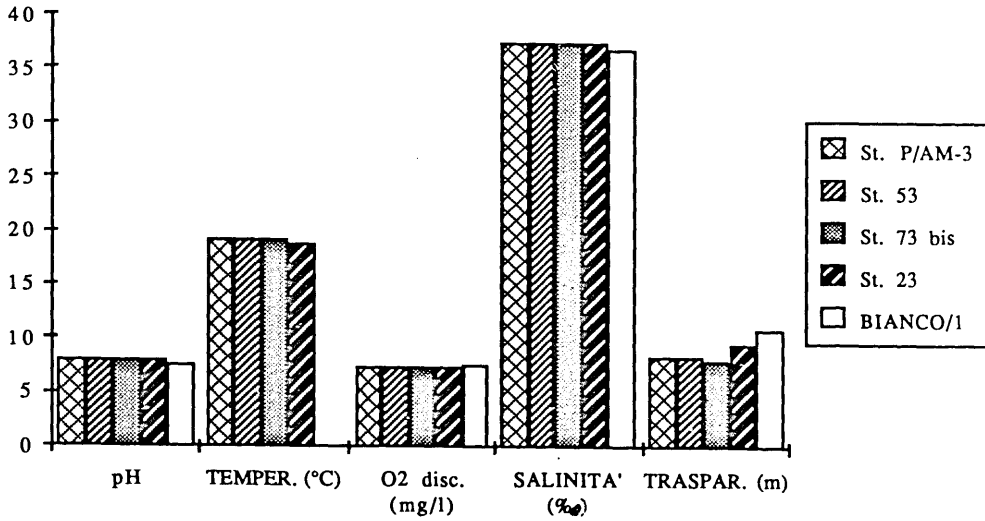


Fig. 7 - Determinazione di Clorofilla *a* e Nutrienti nelle ACQUE (Valori medi relativi a 11 campionamenti mensili).

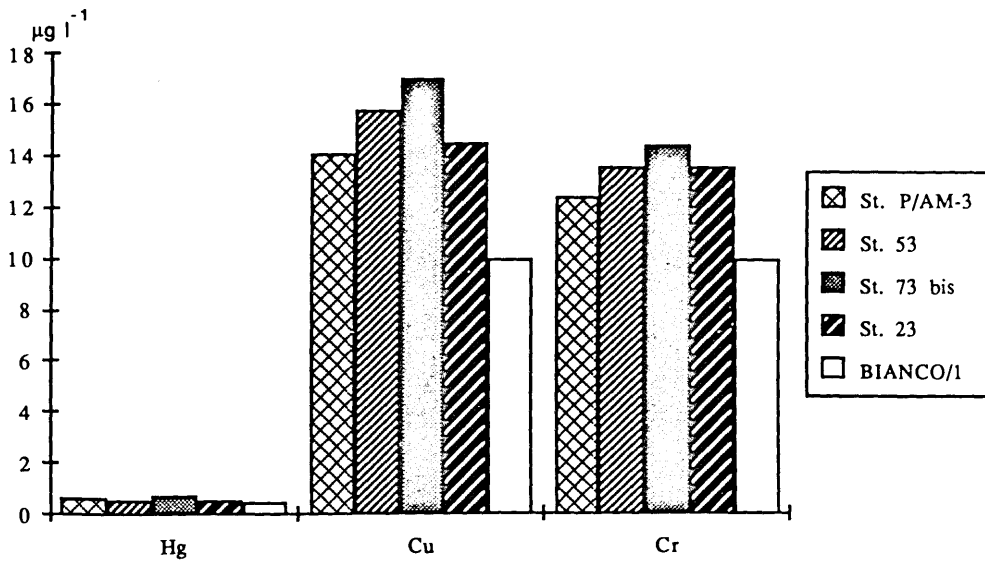


Fig. 8 - Andamento mensile della Clorofilla *a* nelle ACQUE.

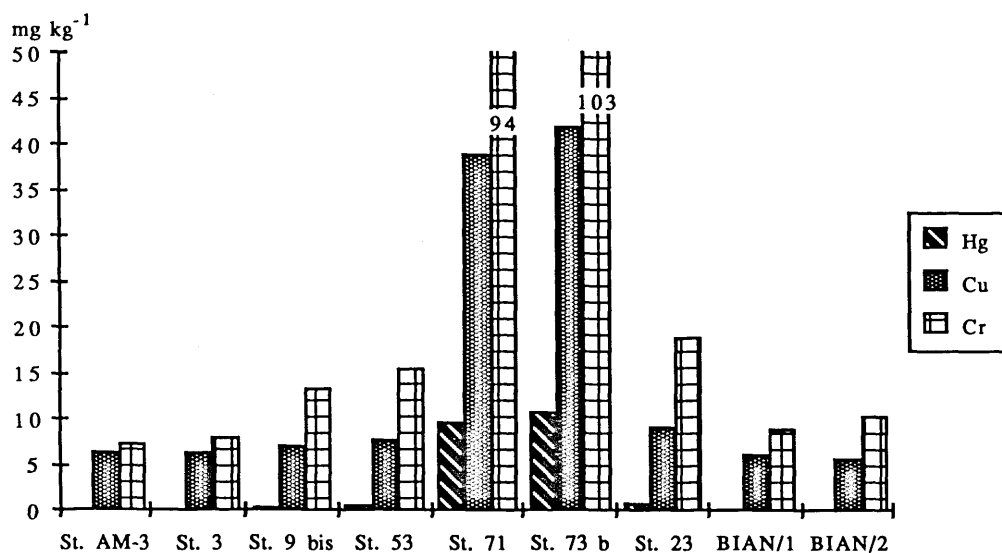
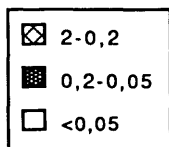


Fig. 9 - Contenuto dei metalli nei Sedimenti (Valori medi di 4 campionamenti stagionali)

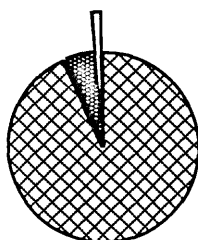
dove la componente limosa (fig. 10) è molto abbondante. Si rileva inoltre che là dove il sedimento presenta oggi una tessitura più grossolana rispetto alla situazione del 1979, come ad es. st. 53 (fig. 17), il contenuto di metalli pesanti è notevolmente diminuito. In generale si osserva inoltre che dove la componente limosa viene rimossa si assiste anche ad un ripopolamento a carico della posidonia. Le altre stazioni dell'area portuale mostrano valori di metalli pesanti analoghi a quelli di Punta Negra e Cala Reale.

Il contenuto dei metalli pesanti nelle ostriche appare, ad eccezione del rame, in generale abbastanza modesto (fig. 11) e non si dispone di dati di confronto con le zone esterne non avendone rinvenuto degli esemplari. Il mercurio in particolare si rileva pressoché assente e si evidenziano min e max rispettivamente di 0,08 mg kg⁻¹ e 0,46 mg kg⁻¹ nelle quattro stazioni, mentre si evidenziano valori medi più elevati nella st. 41 b.

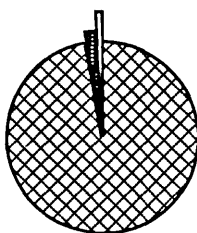
Circa la concentrazione dei metalli pesanti nei rizomi e nelle foglie di *P. oceanica*, (fig. 12 e fig. 13) si osserva che mentre i valori di cromo sono mediamente confrontabili con le stazioni lontane dall'area portuale, il rame e ancor più il mercurio mostrano un accumulo nei rizomi. È da rilevare tuttavia che nella st. 23 le analisi sono



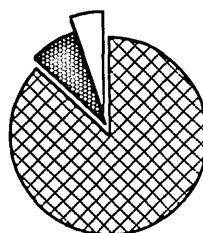
St. AM-3



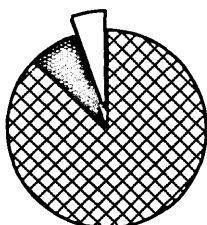
St. 3



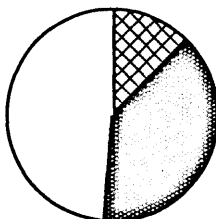
St. 9 bis



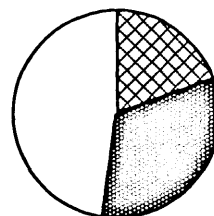
St. 53



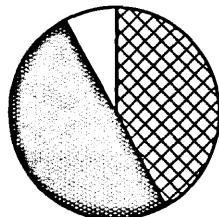
St. 71



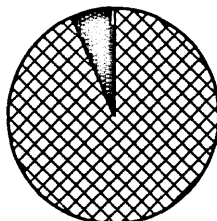
St. 73 b



St. 23



St. BIAN/1



St. BIAN/2

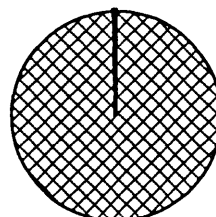


Fig. 10 - Granulometria dei SEDIMENTI (Valori medi di 4 campionamenti stagionali)

- Range: 2 - 0,2 mm = sabbia grossolana
- Range: 0,2 - 0,05 mm = sabbia fine
- Range: inf. 0,05 mm = limo.

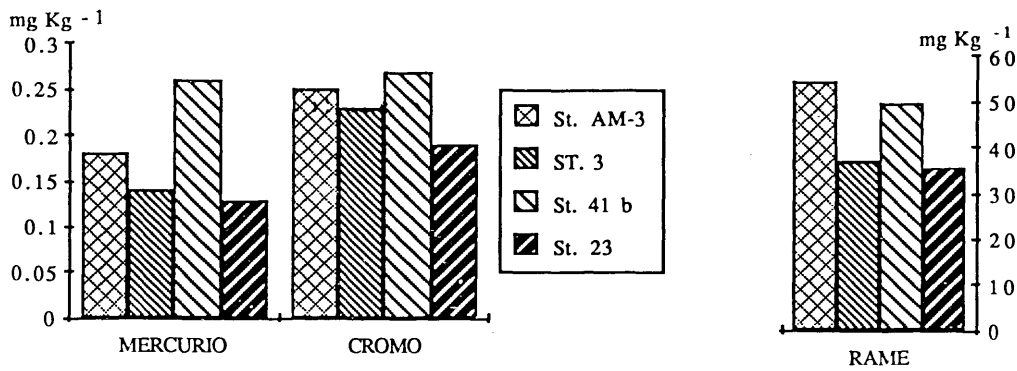
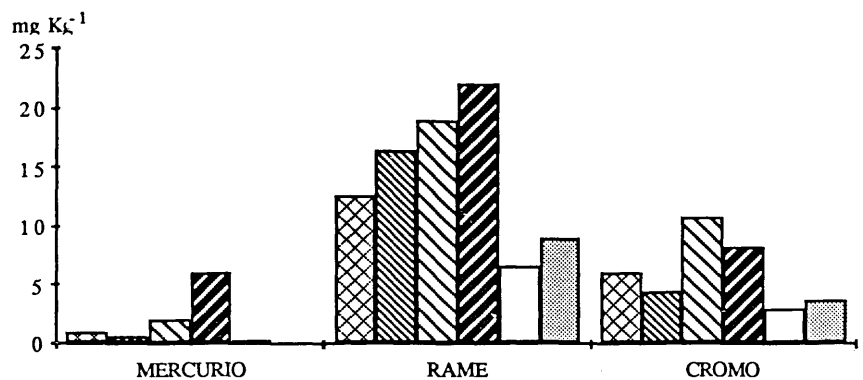
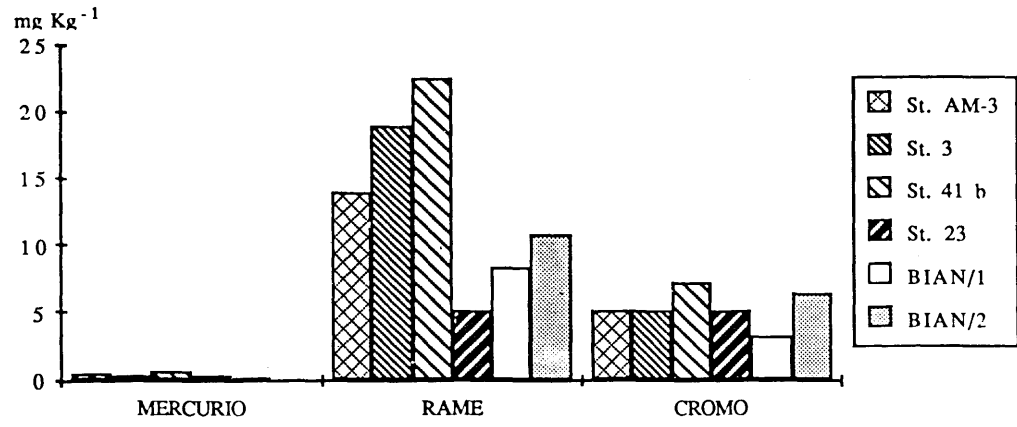


Fig. 11 - Contenuto dei metalli nelle OSTRICHE (Valori medi relativi a 4 campionamenti stagionali).



* I valori dei metalli della St. 23 si riferiscono a campioni di rizomi morti.

Fig. 12 - Contenuto dei metalli nelle Posidonie: RIZOMI (Valori medi relativi a 4 campionamenti stagionali).



* I valori dei metalli della St. 23 si riferiscono ad un campione unico di pianta isolata

Fig. 13 - Contenuto dei metalli nelle Posidonie: FOGLIE (Valori medi relativi a 4 campionamenti stagionali).

state eseguite prevalentemente su rizomi morti per mancanza di materiale vivo e che, quindi, i confronti devono tener conto di questa pregiudiziale.

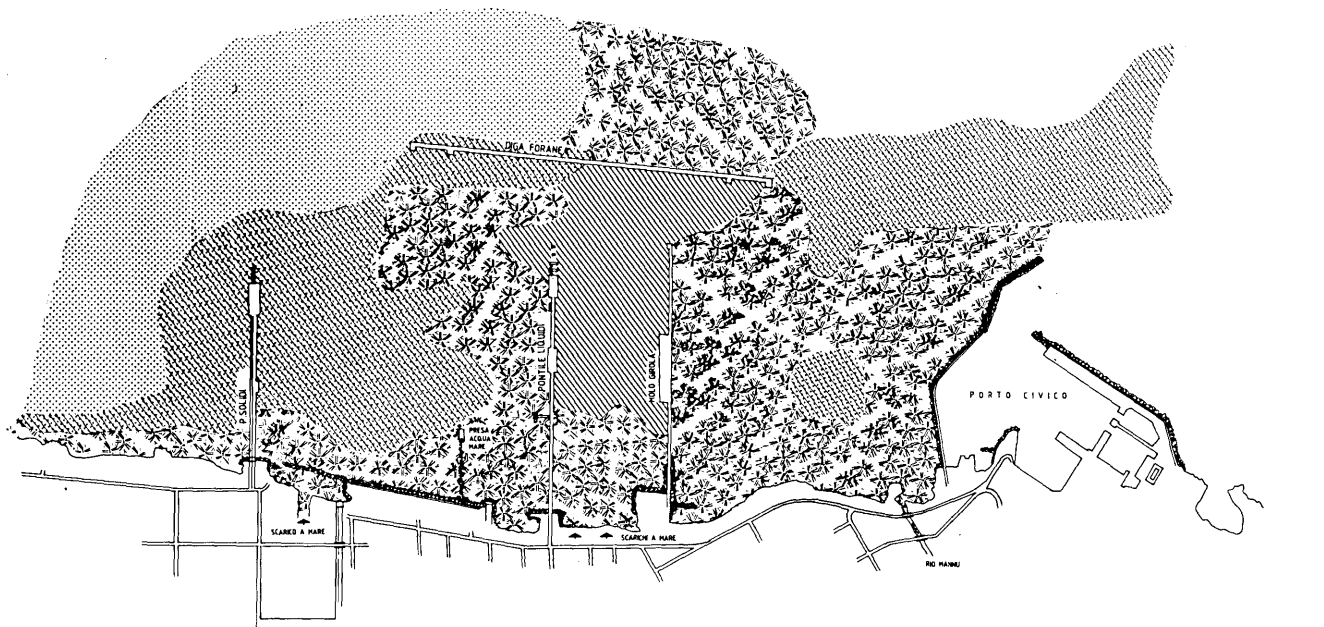
CONCLUSIONI

Una prima deduzione che si può trarre dall'analisi dei dati, è come due differenti approcci metodologici trovino un puntuale riscontro nel definire, ai fini dello studio dell'impatto ambientale, la caratterizzazione del sito. Infatti, soprattutto in sede di confronto dei dati relativi alla situazione pregressa con l'attuale, la metodologia sinecologica trova una perfetta sintonia con le valutazioni di carattere chimico-fisico.

Sulla base delle documentazioni (GIACCONE e al., 1980) è stato possibile un confronto tra le due situazioni (fig. 14 e fig. 15). La cartografia dei popolamenti bentonici evidenzia un'evoluzione tendente al miglioramento delle zone allora definite compromesse ed un ancor più marcato miglioramento nelle zone situate a Nord-Ovest del porto industriale in corrispondenza della testata pontile solidi.

Le aree ora più compromesse risultano quelle che si estendono dal pontile liquidi al molo del porto industriale CASI, nonché la foce del Rio Mannu, caratterizzate da sedimenti limosi, con popolamenti bentonici assenti o paucispecifici. Anche l'area a Nord-Est della diga foranea, un tempo compromessa dal materiale di dragaggio dell'area portuale ha evidenziato un deciso ripopolamento soprattutto a ridosso del basamento.

Il confronto tra le determinazioni dei metalli pesanti delle diverse matrici (sedimenti e posidonia) e la relativa granulometria dei sedimenti, di quattro stazioni corrispondenti (fig. 16), rende evidente anche in questo caso un generale miglioramento dell'area portuale che si concretizza in una diminuzione del particellato fine dei sedimenti (fig. 17) certamente attribuibile all'entrata in funzione del depuratore consortile e alla presenza del bacino di calma prima dello scarico a mare. Si osserva in parallelo una diminuzione dei contenuti di mercurio (fig. 18), del rame (fig. 19) e del cromo (fig. 20) ad eccezione della st. 71. Nei campioni di posidonia si rileva una diminuzione dei contenuti di mercurio nei rizomi con un leggero aumento nelle foglie, come è altresì da rilevarsi un aumento del rame e del cromo sia nelle foglie che nei rizomi (fig. 21, 22, 23).







-  Prateria a Posidonia oceanica su mattes
-  Prateria a Posidonia molto degradata su mattes morte
-  Mattes morte di Posidonia
-  Fanghi portuali

Fig. 14 - Area portuale Insedimento Industriale P. Torres - CARTOGRAFIA DEI POPOLAMENTI MACROBENTONICI : Indagine 1978-79 (Simbologia secondo MEINESZ et al., 1983).

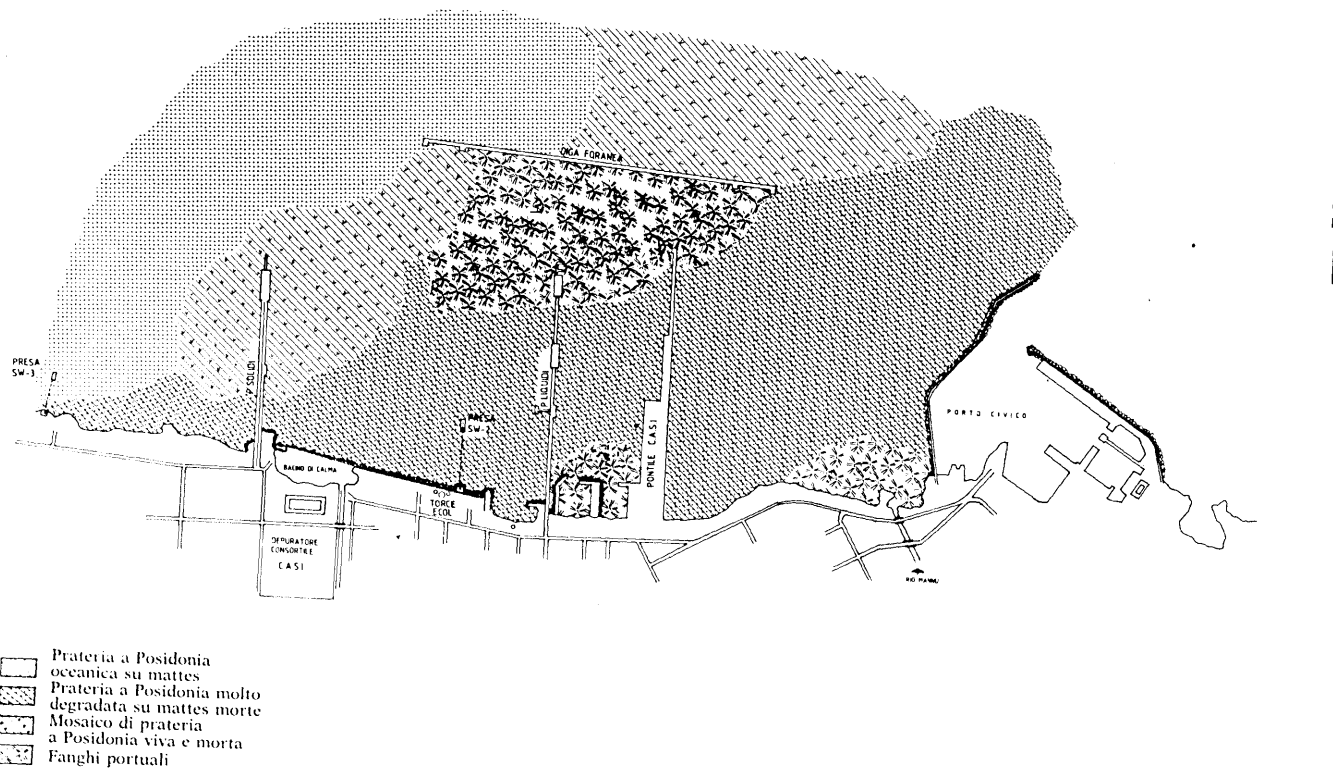


Fig. 15 - Area Portuale Inseidamento Industriale P. Torres - CARTOGRAFIA DEI POPOLAMENTI MACROBENTONICI: Indagine 1986-87 (Sim-bologia secondo MEINESZ et al., 1983).

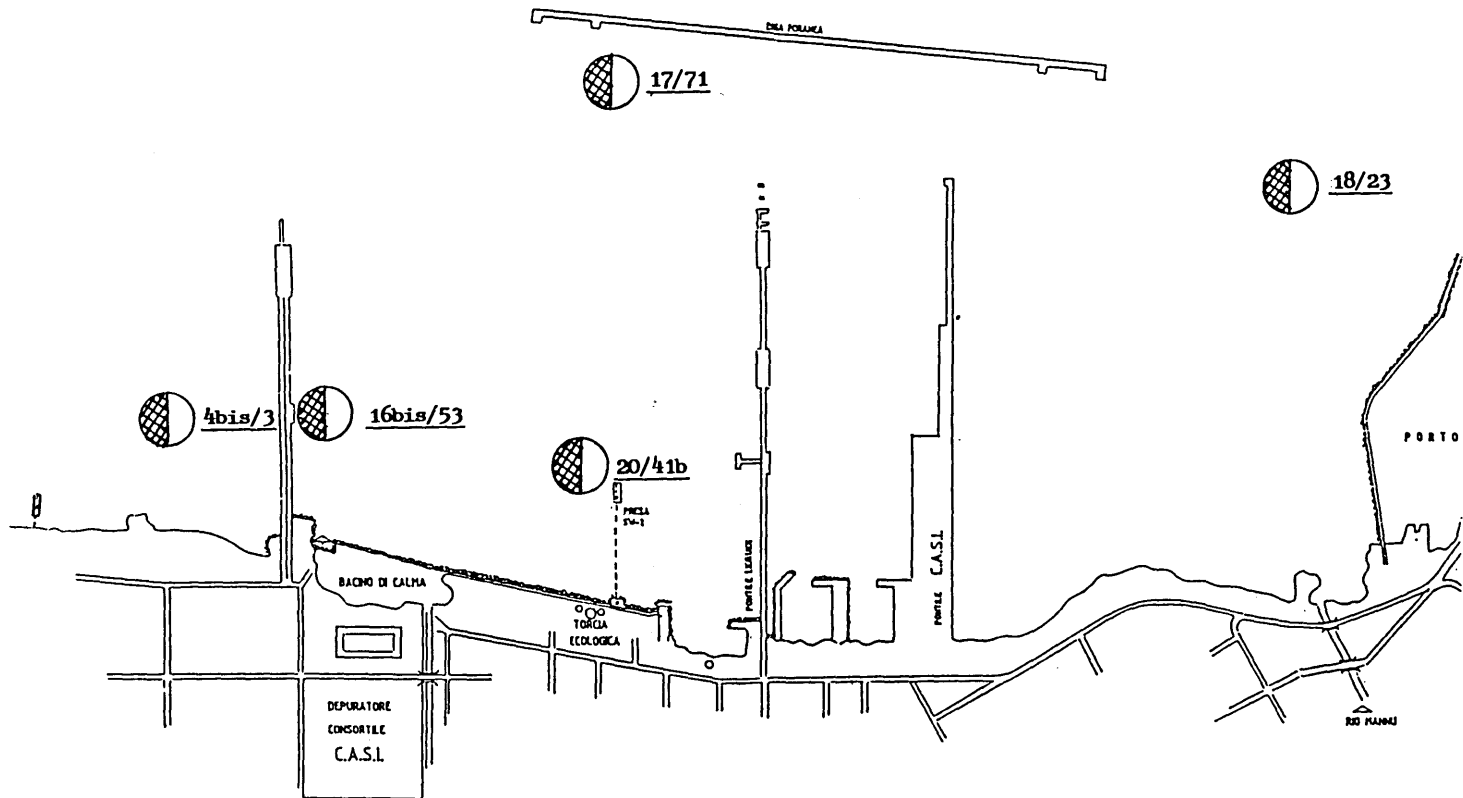


Fig. 16 - Area Portuale Insiediamento Industriale P. Torres - CONFRONTO DATI STORICI: Carta delle stazioni corrispondenti nelle indagini del 1979-80 e 1986-87.

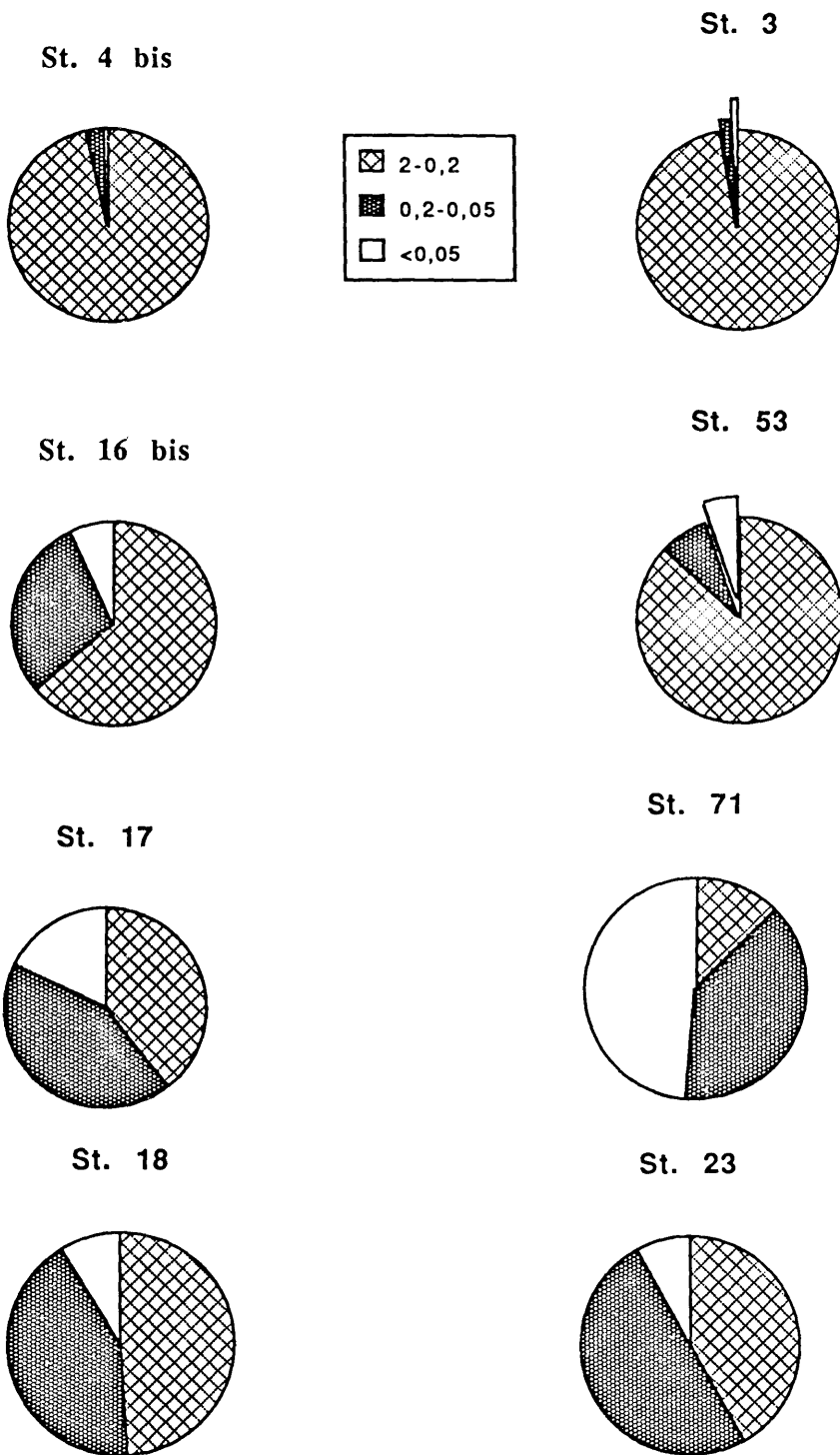


Fig. 17 - CONFRONTO DATI STORICI: Granulometria dei sedimenti
 - Range: 2 - 0,2 mm = sabbia grossolana
 - Range: 0,2 - 0,05 mm = sabbia fine
 - Range: inf. 0,05 mm = limo.

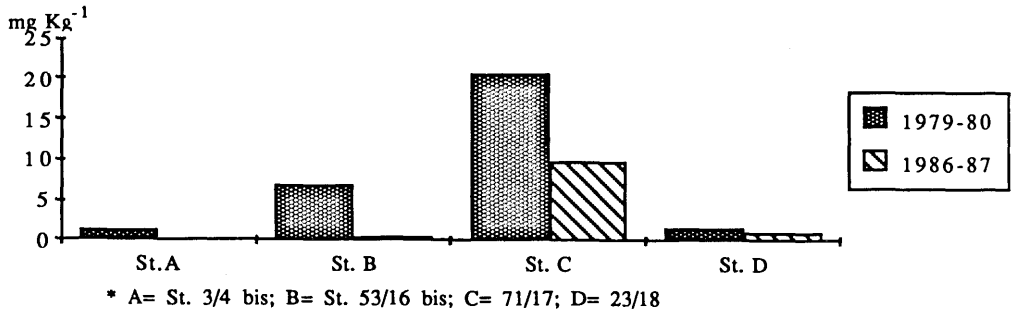


Fig. 18 - Confronto dati storici: MERCURIO nei sedimenti.

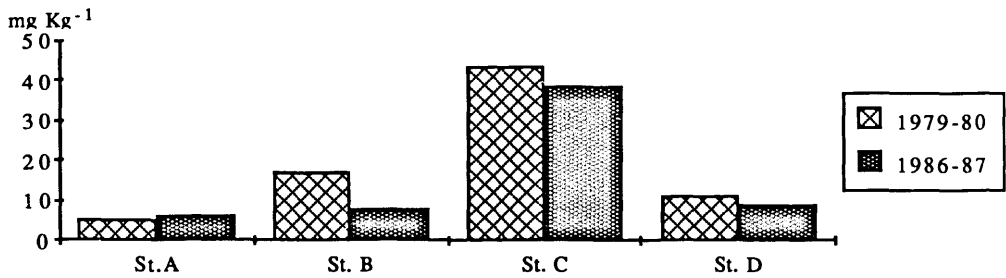


Fig. 19 - Confronto dati storici: RAME nei sedimenti.

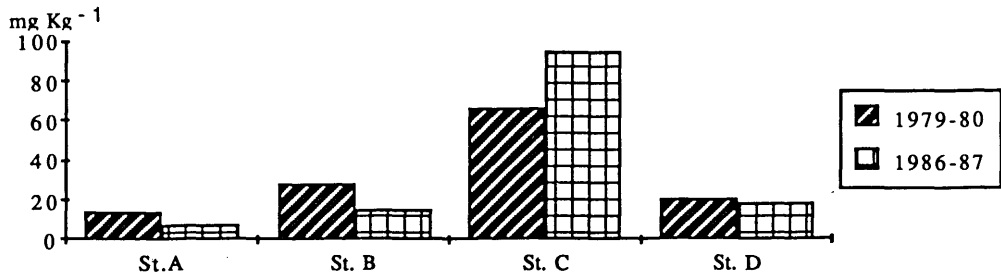


Fig. 20 - Confronto dati storici: CROMO nei sedimenti.

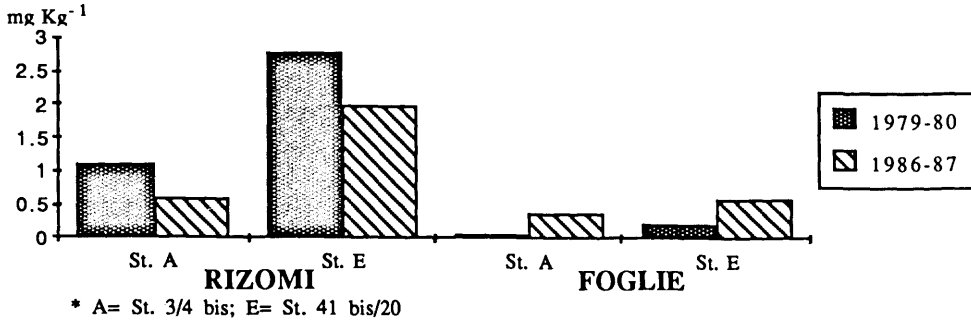


Fig. 21 - Confronto dati storici: MERCURIO nelle Posidonie.

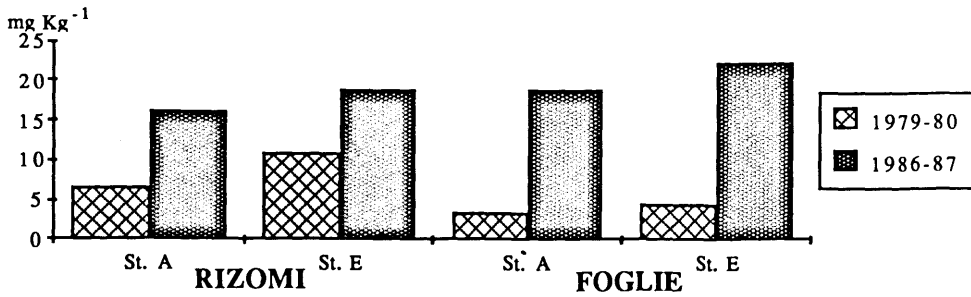


Fig. 22 - Confronto dati storici: RAME nelle Posidonie.

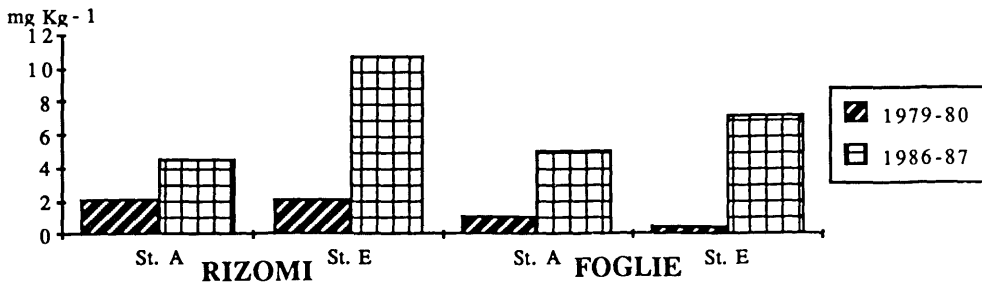


Fig. 23 - Confronto dati storici: CROMO nelle Posidonie.

Si può quindi evidenziare una graduale tendenza evolutiva dell'ecosistema marino all'interno del porto industriale. Questa sensibile ripresa verso uno stato di equilibrio biocenotico è più evidente nel tratto di mare prospiciente il bacino di calma appena a valle dello scarico finale del depuratore consortile CASI. Ciò dimostra che la realizzazione degli scarichi a suo tempo operata a monte e l'efficienza di depurazione indotta hanno comportato un miglioramento della qualità delle acque e del sedimento. Ciò ha comportato, come conseguenza, un sensibile ripopolamento della posidonia.

La situazione tuttavia non è altrettanto lusinghiera all'interno del molo CASI laddove si riscontra uno scarso ricambio idrico. Tutto ciò non potrà non essere tenuto nella debita considerazione nella realizzazione di opere che in qualche modo limitino il ricambio di un'area certamente in ripresa ma che risente dell'impatto di nutrienti. L'eccessiva proliferazione di *Codium fragile* riscontrata in alcuni tratti esterni del bacino portuale è una prima avvisaglia di effetti eutrofici causati dal refluo depurato con trattamento biologico e scarico in riva. Un ulteriore miglioramento della situazione ambientale si può ipotizzare curando lo smaltimento del refluo depurato mediante una condotta di diffusione opportunamente dimensionata e razionalmente ubicata al di fuori della diga foranea. Questa tipologia di smaltimento è perfettamente compatibile con la capacità del corpo recettore secondo le norme della legge 5 marzo 1985 n. 128 e della Direttiva del Consiglio delle Comunità Europee del 27 giugno 1985 n. 337.

RIASSUNTO

Il presente lavoro riguarda uno studio di impatto ambientale effettuato nell'area portuale antistante l'insediamento industriale di Porto Torres (Sardegna Nord-Occidentale), dopo otto anni da un analogo studio in cui si evidenziarono aree a differente grado di compromissione. A seguito della realizzazione di opere di risanamento mirate allo scopo (convogliamento scarichi idrici, depurazione centralizzata consortile delle acque di scarico, bacino di calma a valle del refluo depurato) si è potuto osservare un generale miglioramento dell'area portuale valutato sia con metodi sinecologici sia con metodi chimico fisici. Il presente lavoro si è articolato nelle seguenti fasi di studio: cartografia delle biocenosi bentoniche, densità del posidonieto, analisi chimiche su acque, ostriche e sedimenti

PAROLE CHIAVE: impatto ambientale, area portuale, Sinecologia, Porto Torres.

BIBLIOGRAFIA

- BARONE R., DELORENZO R., DRAGO D., GIACCONE G., MUSCETTA P.N., 1985 - Metodi per la valutazione dell'impatto ambientale a mare: La cartografia biocenotica. *Ingegneria ambientale* **14**(10): 563-572.
- FAO, 1975 - Fisheries Technical Paper n. 137. Manual of methods in aquatic environment research. Rome, February.
- FURNARI G., 1984 - The benthic marine algae of Southern Italy. Floristic and geobotanic considerations. *Webbia* **38**: 349-369.
- GIACCONE G., COLONNA P., GRAZIANO C., MANNINO A.M., TORNATORE E., CORMACI M., FURNARI G., e SCAMMACCA B., 1985 - Revisione della flora marina della Sicilia e delle Isole Minori. *Accademia Gioenia Catania*. **18**: 537-781
- GIACCONE G., BARONE R., DELORENZO R., MUSCETTA P.N., 1980 - Effet des polluants pétrochimiques sur les végétaux marins de Porto Torres (Sardaigne, Italie): Méthodologies d'analyse et d'interprétation des données. CIEM - V^{es} Journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée. Cagliari 9-13 octobre 1980: 87-94.
- MEINESZ A., BOUDOURESQUE C.F., FALCONETTI C., ASTIER J.M., BAY D., BLANC J.J., BOURCIER M., CINELLI F., CIRIK S., CRISTIANI G., DI GERONIMO I., GIACCONE G., HARMELIN J.G., LAUBIER L., LOVRIC A.Z., MOLINIER R., SOYER J., VAMVAKAS C., 1983 - Normalisations des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. océanog., Paris*, **59**(2): 155-172.
- PANAYOTIDIS P.T. 1980 - Contribution à l'étude qualitative et quantitative de l'association *Posidonetum oceanicae* Funk, 1927. Thèse de doctorat Univ. Aix-Marseille II.
- STRICKLAND J.D.H., PARSONS T.R.: 1972 - A. Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research of Canada - Bulletin 167, second Edition, 322 pp.