

ISSN 1123-4245

Società Italiana di Biologia Marina

BIOLOGIA MARINA MEDITERRANEA

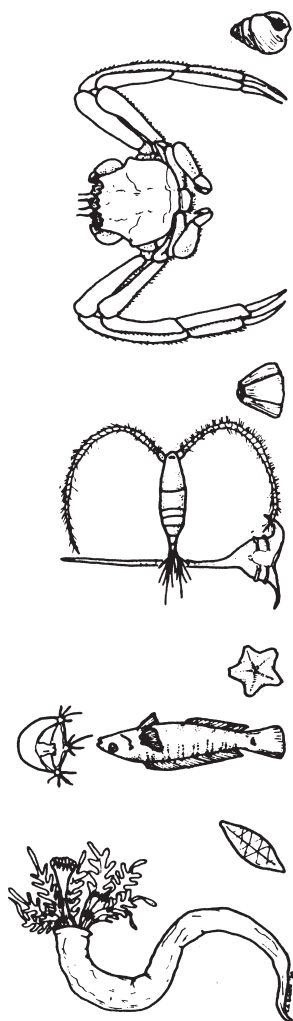


Vol. 9 - fasc. 2 - 2002

Lavori presentati al 7° CARAH

SANREMO, LIGURIA, ITALY

7-11 Ottobre 1999



S.I.B.M. - SOCIETÀ ITALIANA DI BIOLOGIA MARINA ONLUS

Cod. Fisc. 00816390496 - Cod. Anagrafe Ricerca 307911FV

Sede legale c/o Acquario Comunale, Piazzale Mascagni 1 - 57127 Livorno

Presidenza

G. RELINI - DIP.TE.RIS Tel. 010.2477537, 2099465, 2465315
Via Balbi, 5 Fax 010.2477537, 2465315
16126 Genova

Segreteria

G. MARANO - Laboratorio Provinciale Tel. 080.5211200, 5213486
di Biologia Marina di Bari Fax 080.5213486
Molo Pizzoli (porto) - 70123 Bari E-mail biologia.marina@teseo.it

Segreteria Tecnica ed Amministrazione

Coordinamento Nazionale Programma MEDITSIT (CEE)
c/o DIP.TE.RIS Università di Genova - Via Balbi, 5 - 16126 Genova
E-mail sibmzool@unige.it <http://www.ulisse.it/~sibm/sibm.htm>
c.c.p. 24339160 intestato SIBM c/o Ist. Zoologia - Via Balbi 5 - Genova
G. RELINI - tel. e fax 010.2477537 E. MASSARO - tel. e fax 010.2465315

CONSIGLIO DIRETTIVO (in carica fino al dicembre 2003)

Giulio RELINI - Presidente

Gian Domenico ARDIZZONE - Vice Presidente Stefano DE RANIERI - Consigliere
Giovanni MARANO - Segretario Gianna FABI - Consigliere
Alberto CASTELLI - Consigliere Giovanni FURNARI - Consigliere

DIRETTIVI DEI COMITATI SCIENTIFICI DELLA S.I.B.M.

(in carica fino al dicembre 2003)

Comitato BENTHOS

Roberto SANDULLI (Pres.)
Stefano PIRAINO (Segr.)
M. Cristina GAMBI
Giulia CECCHERELLI
Carla MORRI
Giuseppe CORRIERO

Comitato PLANCTON

Paola DEL NEGRO (Pres.)
Marina CABRINI (Segr.)
Gabriella CARUSO
Antonella PENNA
Cecilia TOTTI
Serena FONDA UMANI

Comitato NECTON e PESCA

Sergio RAGONESE (Pres.)
Fabio FIORENTINO (Segr.)
Angelo TURSI
Nicola UNGARO
Andrea BELLUSCIO
Enrico ARNERI

Comitato ACQUACOLTURA

Silvano FOCARDI (Pres.)
Franco ANDALORO (Segr.)
Lorenzo CHESSA
Antonio MAZZOLA
Antonio MANGANARO
Gianluca SARÀ

Comitato GESTIONE e VALORIZZAZIONE della FASCIA COSTIERA

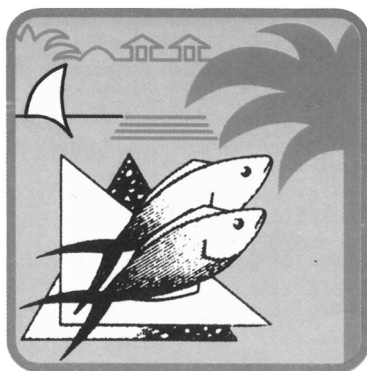
Silvestro GRECO (Pres.)
Leonardo TUNESI (Segr.)
Carlo Nike BIANCHI
Marino VACCHI
Ezio AMATO
Francesco MASTROTOTARO

Biologia Marina Mediterranea

Direttore Responsabile: Giulio RELINI

Segretaria di Redazione: Elisabetta MASSARO (Tel. e fax 010.2465315)

E-mail sibmzool@unige.it



LAVORI PRESENTATI AL 7° CARAH

7th CARAH PAPERS

**SANREMO, LIGURIA, ITALY
OCTOBER 7 - 11, 1999**

Redazione Atti

Prof. Giulio Relini

Dott.ssa Tiziana Piano

Le opinioni espresse negli articoli non necessariamente rappresentano quelle ufficiali della S.I.B.M.

Il presente volume è stato pubblicato nell'ambito del progetto della Comunità Europea Q5AM-2000-30017

FOREWARD

The 7th International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats (7th CARAH), held in Sanremo (Italy) from 7th to 11th October 1999, wished to promote an international exchange of information on the use of artificial reefs to enhance and manage marine and freshwater resources (such as fisheries) and protect the natural environment. Artificial habitats include benthic reefs, fish aggregating devices and other man-made structures used to enrich aquatic environments, fishing opportunities and populations of marine and freshwater plants and animals. The Conference has provided a forum to present results of research, development and science-based management designed to enhance aquatic habitats in the world's marine, estuarine and freshwater ecosystems. Professionals from all nations were invited to present theoretical and practical applications of science, management, engineering and technology through plenary, special and technical sessions. Researchers, scientists, engineers, managers and environmental groups, socio-economists, industry and business were invited to participate in the conference. Attendance particularly benefits those involved with marine and freshwater resource management; artisanal, recreational and commercial fishing; sport diving and other artificial structure tourism; environmental restoration and environmental mitigation. For the first time this conference was held in Europe, the sixth was in Tokyo, Japan, 1995, the second one in Australia and all the others in USA, where the next one (2003) will be organized.

The 7th CARAH is an outcome of EARRN (European Artificial Reefs Research Network) that was supported by the AIR programme (contract AIR-CT94-2144): 1995-1998.

The 51 members (from 36 laboratories) are all active in various aspects of artificial reef research, scientific, some elements of engineering and socio-economic appraisal of existing and proposed reef deployments. The network was set up to summarise the existing European knowledge base and provide the European Commission (EC) with recommendations for the directions of future research. The creation of EARRN came from an initiative at the 5th international artificial reef conference in 1991 where European scientists met informally as a group for the first time. The meeting felt that artificial reefs have much to offer to the European Union (EU) in terms of habitat management, nature conservation, fisheries management/enhancement and coastal defence and that a concerted action to clarify some of the scientific issues would be of significant value.

More than 230 experts arrived in Sanremo (Italy) from all around the world, 18 countries were represented.

Publication and diffusion of these papers are very important for the implementation, mainly in quality, of the artificial reefs and other artificial habitat to be built in European waters for restocking fisheries resources and protecting natural valuable habitats.

Thanks to 7th CARAH papers it is possible an up to date comparison of European results with those coming from other part of the world.

In total more than 120 papers (4 keynotes, 99 communications, 31 posters) have been presented during the 7th CARAH.

All accepted papers presented to the conference were collected and published in the Proceedings of 7th CARAH without peer review. Submitted papers maximum 8 pages long (A4 format) and in "camera ready" format were photocopied, bound and distribu-

ted mainly to participants to the conference. Only manuscripts that received acceptable peer review were published in their entirety.

The first 57 papers were published on ICES Journal of Marine Science (Vol. 59, Suppl. 2002). Other papers selected are published in the present volume of *Biologia Marina Mediterranea*. In addition to some selected papers non printed elsewhere in their entirety in this volume all summaries in Italian and English of papers presented in Sanremo are published.

The EC financial support (Q5 AM-2000-30017) for printing the special volumes of ICES Journal of Marine Science and *Biologia Marina Mediterranea* is kindly acknowledged.

Giulio Relini
S.I.B.M.onlus President

Fig. 1 – Opening address of 7th CARAH.

Discorso inaugurale del 7° CARAH.



PRESENTAZIONE

La 7° Conferenza Internazionale sulle Barriere Artificiali ed Ambienti Acquatici simili (7° CARAH) si è tenuta a Sanremo (Italia) dal 7 all'11 ottobre 1999, con lo scopo di promuovere uno scambio internazionale di informazioni sull'uso delle barriere artificiali al fine di accrescere e gestire le risorse marine e di acquadolce (come quelle oggetto di pesca) e di proteggere l'ambiente naturale. Gli habitat artificiali includono strutture bentoniche, attrezzature per l'aggregazione-attrazione dei pesci ed altre strutture artificiali, usate per migliorare gli ambienti acquatici, la pesca e le popolazioni di piante, di animali marini e d'acqua dolce. La Conferenza ha offerto l'opportunità per presentare i risultati della ricerca, dello sviluppo e della gestione su basi scientifiche, per il miglioramento degli habitat acquatici dei mari, degli ambienti salmastri e d'acqua dolce di tutto il mondo. Professionisti di tutti paesi sono stati invitati a presentare le applicazioni teoriche e pratiche della scienza, dello sviluppo, dell'ingegneria e della tecnologia, durante le sessioni plenarie e quelle speciali e/o tecniche. Ricercatori, scienziati, ingegneri, manager, ambientalisti, socio-economisti, industriali ed uomini d'affari sono stati invitati a partecipare alla Conferenza. Hanno beneficiato in particolare coloro i quali sono implicati nella gestione delle risorse marine e d'acquadolce; nella pesca artigianale, sportiva e commerciale; nell'attività subacquea o turistica di altre strutture artificiali; al ripristino ed al rispetto dell'ambiente. Per la prima volta questa Conferenza si è tenuta in Europa; la sesta si è tenuta a Tokyo, Giappone, 1995, la seconda in Australia e tutte le altre negli USA, dove sarà organizzata anche la prossima.

Il 7° CARAH deriva dalla rete europea EARRN (European Artificial Reefs Research Network), finanziata dal programma AIR (contratto AIR-CT94-2144): 1995-1998.

I 51 membri (appartenenti a 36 laboratori) sono tutti impegnati nella ricerca dei vari aspetti delle barriere artificiali, da quelli scientifici di base, a quelli per la valutazione ingegneristica e socio-economica della messa in opera delle barriere attuali e future. Il Network è stato istituito per raccogliere in forma sintetica le attuali conoscenze europee di base e fornire alla Commissione Europea (CE) le indicazioni per l'orientamento futuro della ricerca. La creazione dell'EARRN nasce per una iniziativa sviluppata durante la 5° Conferenza Internazionale sulle barriere artificiali del 1991, quando scienziati europei si sono riuniti e, per la prima volta, hanno costituito gruppo informale.

Dall'incontro è emerso che le barriere artificiali hanno molto da offrire all'Unione Europea (UE), in termini di gestione ambientale, conservazione della natura, sviluppo e miglioramento della pesca e della protezione della costa, e che un'azione concertata negli aspetti scientifici degli habitat artificiali sarebbe stata di grande rilevanza.

Più di 230 esperti sono arrivati a Sanremo da tutto il mondo, 18 paesi sono stati rappresentati.

La pubblicazione e la diffusione dei lavori presentati sono molto importanti per la realizzazione, soprattutto a livello qualitativo, delle barriere e di altri habitat artificiali, che devono essere costruiti nelle acque europee per ripopolare le risorse aliutiche e proteggere il prezioso ambiente naturale.

Grazie ai lavori del 7° CARAH è possibile avere un confronto aggiornato fra i risultati ottenuti in Europa e quelli provenienti dalle altre parti del mondo.

In totale più di 120 lavori (4 relazioni ad invito, 99 comunicazioni, 31 poster) sono stati presentati durante il 7° CARAH. Tutti i lavori, presentati alla Conferenza ed accettati, sono stati raccolti e pubblicati negli Atti del 7° CARAH, senza revisione. Gli

articoli, che presentavano un massimo di 8 pagine di lunghezza (formato A4) e formato “camera ready”, sono stati fotocopati, rilegati e distribuiti principalmente ai partecipanti alla Conferenza. Solo i lavori che sono stati accettati dopo attenta revisione sono stati pubblicati per esteso nelle due riviste.

I primi 57 articoli selezionati sono stati pubblicati in ICES Journal of Marine Science (Volume 59 Suppl. 2002), gli altri sono pubblicati nel presente volume di Biologia Marina Mediterranea in versione integrale. Oltre ad alcuni lavori completi sono pubblicati in questo volume tutti i riassunti in italiano ed in inglese dei lavori presentati a Sanremo.

Un sentito ringraziamento alla Comunità Europea per aver contribuito al finanziamento della stampa dei due volumi speciali ICES Journal of Marine Science e Biologia Marina Mediterranea attraverso il progetto Q5 AM-2000-30017.

Giulio Relini
Presidente S.I.B.M.onlus

Fig. 2 – The four wey-speaker, from left: W. Seaman, T. Pitcher, A. Jensen, M.W. Miller.

I quattro relatori principali, da sinistra: W. Seaman, T. Pitcher, A. Jensen, M.W. Miller.



7TH CARAH ORGANIZING COMMITTEE
COMITATO ORGANIZZATORE DEL 7° CARAH

- Conference Chair, Prof. Giulio Relini, S.I.B.M. and University of Genoa, Italy
Tel. and Fax: +39 10 2477537; E-mail: sibmzool@unige.it
- Conference Vice-Chair, Dr. Antony Jensen, EARRN Co-ordinator, University of Southampton, U.K.
Tel. +44 1703 593428, Fax: +44 1703 596642, E-mail: a.jensen@soc.soton.ac.uk
- Prof. Giovanni Bombace, President of ISMARE (National Institute for Marine Sciences Coordination, Italian Research Council), Italy.
Tel. +39 71 207881, Fax: +39 71 55313, E-mail: ismare@irpem.an.cnr.it
- Prof. Stefano Cataudella, Chairman of Aquaculture Committee of FAO-GFCM, University of Rome "Tor Vergata", Italy.
Tel. +39 6 72595954, Fax: +39 6 2026189, E-mail: cataudel@uniroma2.it
- Dr. Ken Collins, University of Southampton, U.K
Tel. +44 1703 596010, Fax: +44 1703 596642, E-mail: k.collins@soc.soton.ac.uk
- Prof. François Doumenge, Director of Oceanographic Institute in Monaco, ICSEM General Secretary, Monaco
Tel. +377 93153600, Fax: +377 93505297
- Mrs. Cristina Siccardi, and Dr. Graziano Consiglieri, Sanremo Congressi Turismo, Sanremo, Italy
Tel. +39 184 530719, Fax: +39 184 574574, E-mail: sanremo.congressi@sistel.it
- Dr. Giuseppe Notarbartolo di Sciara, President of ICRAM, Rome, Italy
Tel. +33 06 61570412, Fax: +33 06 61550581, E-mail: disciara@tin.it

Fig. 3 – Picture of the participants to 7th CARAH.

Foto di gruppo del 7° CARAH.



7TH CARAH STEERING COMMITTEE
COMITATO SCIENTIFICO DEL 7° CARAH

- Prof. William Seaman, Florida Sea Grant Program, University of Florida, USA
Tel. +1 352 392 5870 ext 228, Fax +1 352 392 5113, E-mail: seaman@gnv.ifas.ufl.edu
- Dr. Josianne Stottrup, ICES Representative, Danish Institute for Fisheries and Marine Research, Denmark
Tel. +45 98 94 45 00, Fax +45 33963200, E-mail: jgs@dfu.min.dk
- Prof. Ehud Spanier, Centre for Maritime Studies, University of Haifa, Israel
Tel. +972 4824 0782, Fax +972 4 824 0493, E-mail: spanier@research.haifa.ac.il
- Rob Leewis, RIVM, Holland
Tel. +31 02742695, Fax +31 302744433, E-mail: rob.leewis@rivm.nl
- Dr. Stephen A. Bortone, Director of Environmental Science, The Conservancy of Southwest Florida, 1450 Merrihue Drive, Naples, Florida 34102, USA
Tel. 941-403-4232, Fax 941-262-5872
E-mail: sbortone@conservancy.org www.conservancy.org
- Dr. Chokei Itosu, Department of Marine Science and Technology, Tokyo University, Japan
Tel. +81 3 5463 0472, Fax +81 3 5463 0517, E-mail: itosu@tokyo-u-fish.ac.jp
(Unfortunately he is no more with us; he died last year)
- Dr. Charles A. Wilson, Coastal Fisheries Institute, Louisiana State University, USA
Tel. 904392 5870, E-mail: wilsonLSU@aol.com
- Mr. Robert Grove, Southern California Edison, USA
Tel. 626 302 9735, Fax 626 3029730, E-mail: grovers@sce.com
- Dr. Carlos Costa Monteiro, IPIMAR - CRIPS, Avendida 5 de Outubro, Olhao, Portugal
Tel. +351 8970 05 00, Fax +352 89 70 05 35, E-mail: cmonteir@ipimar.pt
- Prof. Isabel Moreno, Marine Biology, Biology Department, Universitat de les Illes Balears, 07071, Palma, Mallorca, Spain
Tel. +34 971173154, Fax +34 971173184, E-mail: dbaimc0@clust.uib.es

LIST OF PARTECIPANTS AT 7TH CARAH
ELENCO DEI PARTECIPANTI AL 7° CARAH

Aabel Jens Petter, Norway	Charbonnel Eric, France
Aasland Arthur, Norway	Chintiroglou C.C., Greece
Abelson Avigdor, Israel	Chojnacki Juliusz, Poland
Ahn Hee-Do, Korea	Christian Richard T., Usa
Albertelli Giancarlo, Italy	Clarke Shelley, Hong Kong
Alves Adriana, Portugal	Cobb Jana, Usa
Andaloro Franco, Italy	Coello Garcia Domingo, Spain
Angel Dror, Israel	Collins Ken, United Kingdom
Anghera Michele, Usa	Costa Monteiro Carlos, Portugal
Arai Tatsuo, Japan	Coutinho Ricardo, Brazil
	Cowan James H. Jr, Usa
Bacchiocchi Francesca, Italy	Craig Matthew, Usa
Badalamenti Fabio, Italy	Cripps Simon, Norway
Bailey William A., Usa	
Baine Mark, Scotland	D'Anna Giovanni, Italy
Baquiero Cardenas Erik, Mexico	Davis Carol, Norway
Barber Todd, Usa	De Alessi Michael, Usa
Bayle Just T., Spain	De Angelis Giulia, Italy
Benayahu Yehuda, Israel	Dean Thomas A. , Usa
Bendigtsen Bjorn, Norway	Delgado Joao, Portugal
Bentley Matt, United Kingdom	Deysher Larry, Usa
Bertaggia Roberto, Italy	Deysher Cheryl, Usa
Bianchi Martina Fabio, Italy	Ditton Penny, Usa
Bombace Giovanni, Italy	Ditton Robert, Usa
Bortone Stephen A., Usa	Dodrill Jon, Usa
Brandini Frederico, Brazil	Doumenge François, Monaco
Bressan Guido, Italy	
Briano Vanessa, Italy	El Abed Amos, Tunisia
Briones Fourzan Patricia, Mexico	
Bruzamdlin Fabiano, Brazil	Fabi Gianna, Italy
Buchary Eny Anggraini, Canada	Falace Annalisa, Italy
Bull John Scott, Usa	Fang Lee-Shing, Taiwan
Bullock Alistair M., Scotland	Ferrara Gabriele, Italy
Burton William, Usa	Ferrari Fabrizio, Italy
Byers James E., Usa	Fisher Randy, Usa
	Fortes Miguel D., Philippines
Caselle Jennifer, Usa	Frumkes Dan, Usa
Ceccaldi Hubert Jean, France	

Galzin René, France
Garcia Charton José Antonio, Spain
Garofalo Antonella, Italy
Garrido Mateo Jose, Spain
Gilliam David, Usa
Godoy Aires De Souza Eduardo, Brazil
Golani Daniel, Israel
Goutayer Garcia Juan J., Spain
Grati Fabio, Italy
Grau Antonio M., Spain
Gristina Michele, Italy
Grove Robert S., Usa

Hagen Nils T., Norway
Haggan Nigel, Canada
Haroun Tabraue Ricardo J., Spain
Harris Lee, Usa
Hasuo Taizo, Japan
Helmig Stig, Denmark
Helvey Mark, Usa
Herrera Rogelio, Spain
Holbrook Sally J., Usa
Hotta Kenji, Japan
Hubbard Tom, Ireland
Hutton Trevor, Canada

Ingram Gary Walter, Usa
Inokuchi Shigeki, Japan
Itosu Chokei, Japan

Jahren Per, Norway
James Carl S., England
Jensen Antony, United Kingdom
Jørgensen Terje, Norway

Kallianiotis Argyris, Greece
Katayama Keiichi, Japan
Kato Osamu, Japan
Kennish Robin, Hong Kong
Kirbo Katherine, Usa
Komai Yumi, Japan
Kosyan Ruben, Russian

Lacroix Denis, France
Lance Jordan, Usa
Larson Kurt, Scotland
Larson Susan, Scotland
Lasserre Gerard, Italy
Lo Yat Alain, France
Lök Altan, Turkey
Love Milton, Usa
Lozano Alvarez Enrique, Mexico
Lucchetti Alessandro, Italy
Løkkeborg Svein, Norway

Maher Thomas, Usa
Manatunge Jagath, Japan
Maruyama Tamezo, Japan
Massaro Elisabetta, Italy
Matsubara Yuhei, Japan
Merello Stefania, Italy
Miletic Marin, Italy
Miller Margaret, Usa
Miller Allan, Usa
Moggia Fiorella, Italy
Mohr Thomas, Germany
Moreno Isabel, Spain
Mori Hideki, Japan
Moseley Anna, Usa
Myatt Evelyn, Usa

Nagano Keisuke, Japan
Narumi Hideto, Japan
Neves Santos Miguel, Portugal
Niihara Chikara, Japan
Nishimura Keiichi, Japan
Notarbartolo Di Sciara Giuseppe, Italy
Nozaki Yumiko, Japan

Obreck Sorheim, Norway
Odorico Roberto, Italy
Ohashi Takaharu, Japan
Ojeda Guerra Dolores, Spain
Orsi Lidia, Italy
Osenberg Craig, Usa
Otake Shinya, Japan

Panfili Monica, Italy	Shlesinger Yehiam, Israel
Papaconstantinou Costas, Greece	Shyue Shian-Wern, Taiwan
Patton Jake, USA	Side Jonathan, Scotland
Perez Ruzafa Angel, Spain	Simard François, Monaco
Pickering Pitcher Helen Tony J., Canada	Smiley Brian, Canada
Pondella Dan, Usa	Smiley Mrs, Canada
Ponti Massimo, Italy	Soldal Aud Vold, Norway
Price William, Usa	Sollom Jerry, Usa
Priyadarashan Tilak, Japan	Solustri Cristiano, Italy
Puccio Valentina, Italy	Spagnolo Alessandra, Italy
Pugliese Roger, Usa	Spanier Ehud, Israel
Puletti Micaela, Italy	Spieler Richard E., Usa
Quinn Patrick, Usa	Steimle Frank, Usa
Rajan J.B., India	Steinbach George, Usa
Ramos Espla' Alfonso, Spain	Stephens John S., Usa
Recasens Laura, Spain	Stoettrup Josianne G., Denmark
Reed Daniel, Usa	Stone Frank V., Usa
Relini Giulio, Italy	Stone Richard B., Usa
Relini Marco, Italy	Straith James, Canada
Riera Francisco, Spain	Svellingen Ingvald, Norway
Rinaldi Attilio, Italy	Takai Nobuo, Japan
Robilliard Gordon A., Usa	Takeuchi Tomoyuki, Japan
Rodgers Judge William, Canada	Tamura Tamotsu, Japan
Rosental Zalmon Ilana, Brazil	Tomassetti Paolo, Italy
Sanchez Jerez Pablo, Spain	Torchia Giovanni, Italy
Sandroek Stefan, Germany	Tsumura Ken, Japan
Sayer Martin, United Kingdom	Tunesi Leonardo, Italy
Scharf Eva Maria, Germany	Tuya Cortes Fernando, Spain
Schillak Lothar, Germany	Uekita Yukio, Japan
Schmitt Russell J., Usa	Ulas Ali, Turkey
Schroeder Donna, Usa	Vidoris Pavlos, Greece
Schroeter Stephen, Usa	Whitehouse Jackie, Usa
Seaman William, Usa	Whitmarsh D.J., England
Seaman Mrs., Usa	Wilding Tom, United Kingdom
Seguchi Masahiro, Japan	Wilkinson Anne, Ireland
Seino Katsunori, Japan	Wilson Keith, China
Serre Christophe, France	Yano Kenji, Japan
Sherman Robin L., Usa	Yoshida Yukimi, Japan
Shipp Robert L., Usa	

F. TUYA, S. ALVAREZ, G.M. REUSS, A. LUQUE

Biology Department, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - 35017
Las Palmas de Gran Canaria, Canary Islands, Spain.

MACROBENTHIC AND FISH COMMUNITIES ASSOCIATED WITH A SEWAGE PIPELINE IN GRAN CANARIA (CANARY ISLANDS)

COMUNITÀ MACROBENTONICHE ED ITTICHE DI UNA CONDOTTA FOGNARIA A GRAN CANARIA (CANARIE)

Abstract

We have evaluated through visual censuses the fish communities associated to a sewage pipeline in Gran Canaria. Likewise we have characterized the sessile macrobenthos using the percent cover of defined benthic Operational Taxonomic Units (OTUs). Ordination analysis and spatial distribution models have shown the influence of abiotic parameters over the considered OTUs assemblages.

Marine currents have caused the settlement of the sessile macrobenthos depending on the substrate orientation. Thus, there is a higher abundance of the feeders OTUs along the SE and NW sides of the pipeline, meanwhile protected sides (NE and SW) and the top of the substrate have presented a higher abundance of the Rhodophyta turfing.

The input of organic matter and the thicmotrophic stimuli generated have produced high values on the fish density, richness and diversity in relation to nearby sites and the average values obtained along the Canarian archipelago.

Key-words: *sewage pipeline, macroepibenthic communities, ichthyofauna, visual censuses, Canary Islands.*

Introduction

Sewage pipelines are artificial structures designed for residual (sewage) water management that have the potential to be colonized by benthic populations.

In order to take up and mineralize some of the organic and inorganic matter released from the pipeline as a mitigation action, and thereby reduce environmental enrichment serving as a biological filter, the National Government have planned the installation of an artificial reef associated to the pipeline. As a baseline study to compare future results we have evaluated the associated fish communities using the biodiversity indices, occurrence frequencies, densities and distribution patterns.

Since the macroepibenthos has been shown to be food for many of the fish populations recruited to artificial structures and a source of much of the structural elements to the artificial biotope (Bailey-Brock, 1989), the spatial distribution, structure and influence of abiotic factors (depth, substrate orientation and current speed and direction) over the macroepibenthos was observed.

Materials and methods

Location

The sewage pipeline is located off Gran Canaria Island (Canary Islands, 28°N), reaching 20 m deep. It is a 22 years old, 1305 m long concrete cylinder with an average diameter of 60 cm, assembled by 100 × 75 × 80 cm concrete modules each 5 m.

Macroepibenthos assemblages

We stratified sampling depending on depth. Three different *a priori* points (10, 15 and 20 m deep) were selected to carry out the study. In each point, the macroepibenthos associated to each module face (top, SW, NE, SE, and NW) was observed.

Colour photographs (225 cm²) were used in subsequent point-count analysis of the sessile biota. They were taken with a Nikonos 35 mm underwater camera system equipped with a 28 mm close up lens and frame. Estimates of percent cover at each sampling point were obtained using the random point-count censusing technique described by Sutherland and Karlson (1977). Biota occupying areas on each photographed quadrant were scraped into mesh bags. Scrape samples were preserved in a buffered solution of 10% formalin-sea water. In the laboratory, sessile organisms were identified to the lowest feasible taxonomic level.

Since it was impossible to remove most of the organisms from the organisms to which they were attached and because many of the biota was fragmented while scraping, the macroepibenthic (sessile biota attached on the pipe, >0,5 mm) *taxa* were grouped into 7 Operational Taxonomic Units (OTUs) according to Kingsford and Battershill (1998). Selected OTUs were: (1) *Rhodophyta* turfing, (2) Macroalgae, (3) *Porifera* (sponges), (4) encrusting *Polychaeta*, (5) *Balanidae*, (6) *Bivalvia* and (7) *Briozoa*.

Fish assemblages

Thirty random visual censuses were carried out to obtain relative density estimates of the fish species. Diurnal exposed fish species were selected to avoid bias (Brock, 1982). According to Lincoln-Smith (1989) multispecies surveys were split into 2 counts. Conspicuous species were sampled by the stationary visual census technique (SVCT) (Bohnsack and Bannerot, 1986). Using underwater plastic slates, the species richness and the abundance of the fishes observed was recorded for those fishes that came within an imaginary cylinder around the SCUBA divers. Preliminary sampling suggested a radius = 8,6 m (200 m²), height = 10 m, during a 10 min period. Several studies in the Canarian archipelago have employed this technique in order to assess fish assemblages (Bortone *et al.*, 1991; Falcón *et al.*, 1996; Herrera, 1998). Cryptic, small site attached fish species were sampled using a 50 × 2 (= 100 m²) belt transect (BT) along the pipeline. SCUBA divers counted those species along holes and crevices within the pipeline. The descriptive statistics were finally complemented with the calculation of the Shannon-Weaver (H'), evenness (E), dispersion (I.D.) and the Green (G.I.) indices, following the instructions of Ludwig and Reynolds (1986).

Currents measurements

The speed and the direction of the current were measured along two different periods: strong north-trade winds intensity period (spring-summer) and weak north-trade winds intensity period (fall-winter). Autoregistered currentmeters *SD-6000*® were anchored during 14 days in a fixed point (3 m deep) at the pipeline with registration intervals of 10 min.

Data Analysis

The % cover for selected OTUs along the sampled points helped obtain a Pearson Product-moment correlation matrix. This data matrix was used to run a Principal Component Analysis (PCA) following that showed by Ludwig and Reynolds (1988). Multiple regression models helped explain the relationship and the significance between the

first and second component and the abiotic parameters. A dendrogram using Euclidean distance were also carried out. Information from both multivariate analysis were used to obtain a Hierarchical Ordination Analysis (HOA).

With the goal of obtaining a 2 dimensions spatial distribution lineal model for each OTU along the pipeline, multiple regression models were obtained for the % cover of each OTU and the abiotic parameters depth and substrate orientation, quantified by the parameters a (angle: current direction-module face) and b (angle: module face - a hypothetical horizontal surface). The Geographical Information System (GIS) *IDRISI for windows*[®] was used to graphically represent the spatial 2 dimensions distribution models of the % cover of each OTU depending on depth, a, and b (that is, the 5 sides of each module: NE, NW, SE, SW and top) for 3 modules at 20, 15 and 10 m deep.

The aim is to obtain a detailed benthic cartography for the selected OTUs along the pipeline using the information layers employed in the multiple regression models. With the goal of validating the model, simple regression models for the % cover of each OTU obtained by the multiple regression models (predicted values) and random *in situ* observed values were run.

The temporal series for current measurements were statistically processed by the *CORMAR*[®] system, using a Doobson filter. The results were presented as compass cards for both two periods.

Because 30 visual censuses were carried out to evaluate fish assemblages, the null hypothesis of adjusting to a Poisson distribution was checked using the d-statistic (Elliot, 1973).

All the statistical tests and the multivariate analyses were obtained using the statistical package *SPSS*[®]. P-values were selected at 0,05 for all statistical tests.

Results

Macrobenthic assemblages

Correlation analyses have shown negative significant relationships between some of the feeders OTUs and the *Rhodophyta* turfing. Thus there has been a negative correlation ($r_s = -0,64$, $p < 0,05$) between the *Balanidae* and the *Rhodophyta* turfing OTUs and between *Porifera* and *Rhodophyta* turfing OTUs ($r = -0,60$, $p < 0,05$). This fact shows the different colonization patterns of the selected OTUs.

Furthermore, HOA (Fig. 1) ordinate macroepibenthic samples depending on depth

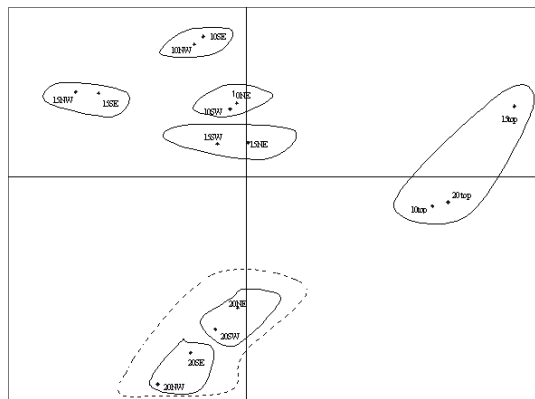


Fig. 1 - Hierarchical ordination analysis of the sampled macrobenthos.

Analisi delle componenti principali sul macrobentos campionato.

and module orientation. A significant relationship between the first Component (PC I, 34,7% of the variability within the data) and the orientation, and a significant negative relationship between the second Component (PC II, 33,0%) and depth were obtained.

Both Components accumulated a 67,7% of the variability within the data.

Tab. 1 - Multiple Regression Models for selected benthic OTUs. Y_{obs} = observed values. Y_{pred} = pre- dicted values. z = depth. α , β = as defined in the text.

Modelli di regressione multipla per alcune OUT selezionate. Y_{obs} = valori osservati. Y_{pred} = valori previsti. z = profondità. α , β = come definiti nel testo.

OUT	Multiple Regression Spatial Model	Validation
<i>Balanidae</i>	%Cover=23.0-1.1z+27.66cos α $r^2=0.62$ n.s.	$Y_{obs} = 8.95+0.45Y_{pred}$ $r^2=0.68$ ***
<i>Rhodophyta</i> turfing	%Cover=89.43-2.14z-28.16cos α +64.16cos β $r^2=0.91$ ***	$Y_{obs} = 12.15+0.69Y_p$ $r^2=0.76$ ***
<i>Porifera</i>	%Cover=-41.91+3.65z+9.33cos α $r^2=0.84$ *	$Y_{obs} = 4.81+0.74Y_{pred}$ $r^2=0.86$ ***
<i>Briozoa</i>	%Cover=0.37+1.17z-8.83cos α $r^2=0.68$ *	$Y_{obs} = 4.29+0.61Y_{pred}$ $r^2=0.78$ ***
<i>Polychaeta</i>	%Cover=3.16-0.1z $r^2=0.80$ **	$Y_{obs} = 0.09+0.90Y_{pred}$ $r^2=0.96$ ***
<i>Bivalvia</i>	%Cover=4.33-0.2z $r^2=0.86$ **	$Y_{obs} = 18.22-15.22Y$ $r^2=0.42$ *
<i>Macroalgae</i>	%Cover=9.83-0.5z $r^2=0.99$ ***	$Y_{obs} = -0.05+0.95Y_{pred}$ $r^2=0.99$ ***

n.s.: non-significant

*: $0.01 < p < 0.05$

**: $0.001 < p < 0.01$

***: $p < 0.001$

Multiple regression models, which characterize spatial distribution models for the selected OTUs (Fig. 2), show spatial distribution patterns depending on depth and the orientation of the substrate (measured as the defined a and b angles) (Tab. 1). All of them have been significant, with the exception of the *Balanidae* OTU ($p > 0,05$). All the spatial distribution models have exhibited that all the OTUs are significantly influenced by depth. Thus with the exception of *Porifera* and *Briozoa*, the rest of the OTUs have exhibited a decrease in the % cover with depth. Furthermore the OTUs *Rhodophyta*, *Porifera* and *Briozoa* are influenced by the substrate orientation. The top of the modu-

les have shown for all depths a 100% cover of the *Rhodophyta* turfing (Fig. 2), which can be attributable to the high sedimentation of the released organic matter from the pipeline. Despite the linear response of % cover for the selected OTUs to abiotic parameters, the spatial distribution models confidently represented those responses, which has been shown by the significance and the high r^2 values for the regression models between the predicted and observed values (Tab. 1).

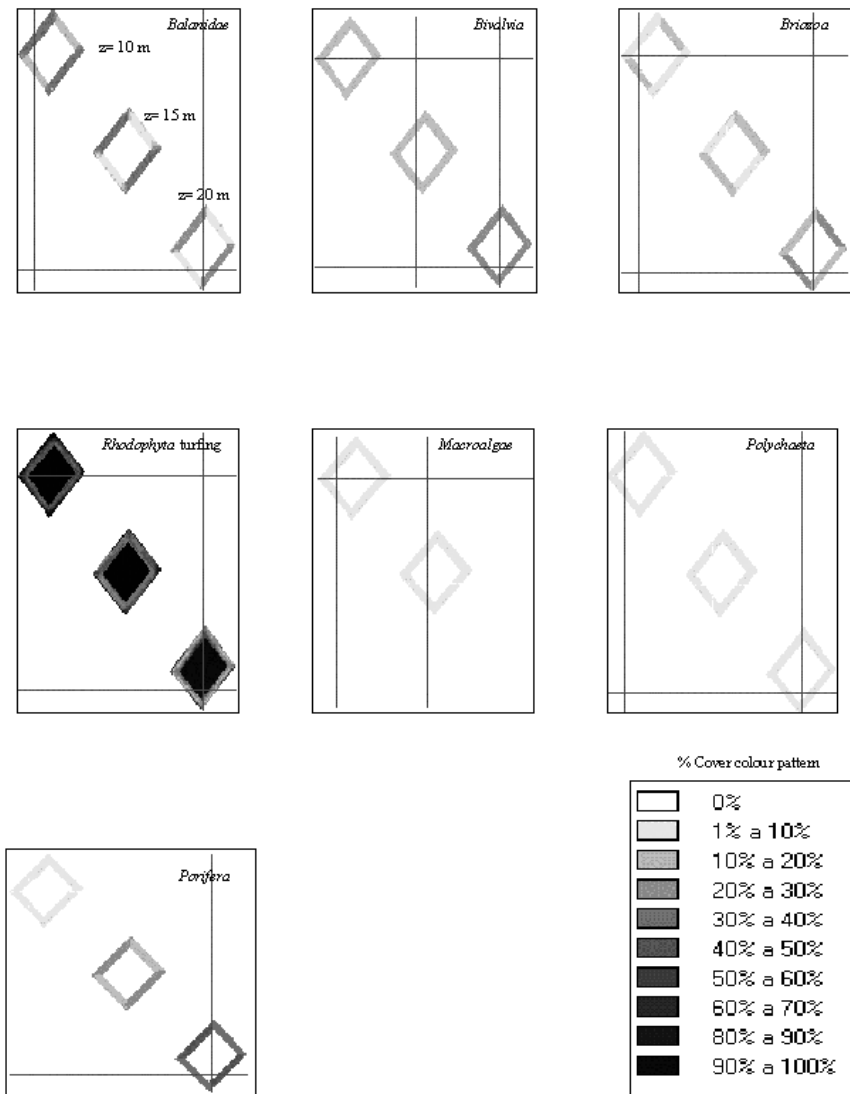


Fig. 2 - Spatial distribution models for the selected OTUs.

Modelli di distribuzione spaziale per alcune OUT (Unità Operazionali Tassonomiche) selezionate.

Fish assemblages

We have identified 32 *taxa* (genus and species) for the observed fish along the studied period, 7 of them using the BT census and 25 through the SVCT census. Inspection of the overall abundance data matrix (Tab. 2) indicates that the most abundant

Tab. 2 - Occurrence frequencies, mean abundance (ind 100 m⁻² ± S.D.), and diversity indices for the fish community. G.I.: Green index. D.I.: dispersion index. The d-statistic for species distributions is also presented. n.s.: no significance, **: p<0,01 , * 0,01<p<0,05.

*Frequenze di presenza, abbondanza media (individui per 100 m² ± S.D.), e indici di diversità per il popolamento ittico. G.I.: Indice di Green. D.I.: Indice di dispersione. Il test-d per la distribuzione delle specie è riportato nella 4° colonna. n.s.: non significativo, **: p<0,01 , * 0,01<p<0,05.*

<i>Taxa</i>	Mean Abundance (ind 100 m ⁻² ± SD)	Occurrence Frequency (%)	D.I.	d -statistic	G.I.	Distribution
<u>Species observed by the SVCT</u>						
<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758)	0.13 ± 0.35	6.67	0.90	-0.33 n.s	-0.034	Random
<i>Dasyatis pastinaca</i> (Linnaeus, 1758)	1.03 ± 1.27	50	1.57	1.98 *	0.018	Clumped
<i>Serviola dumerilii</i> (Linnaeus, 1758)	7.67 ± 14.32	16.67	26.70	31.80 **	0.112	Clumped
<i>Pomatosus saltator</i> (Linnaeus, 1766)	26.93 ± 17.31	100	11.12	17.84 **	0.012	Clumped
<i>Pseudocaranx dentex</i> (Bloch & Schneider, 1801)	0.17 ± 0.38	6.67	0.86	-0.47 n.s.	-0.034	Random
<i>Trachinotus ovatus</i> (Linnaeus, 1758)	0.33 ± 1.27	6.67	4.83	9.18 *	0.425	Clumped
<i>Sphyrarena viridensis</i> (Cuvier, 1829)	8.43 ± 14.21	33.33	23.94	29.71 **	0.091	Clumped
<i>Tunnus</i> spp.	6.47 ± 15.74	33.33	38.31	39.58 **	0.193	Clumped
<i>Bothus podas</i> (Delaroche, 1809)	1.43 ± 1.33	83.33	1.24	0.91 n.s.	0.005	Random
<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)	1.83 ± 1.84	83.33	1.85	2.79 **	0.015	Clumped
<i>Sparisoma cretense</i> (Linnaeus, 1758)	2.8 ± 1.63	100	0.96	-0.14 n.s.	-0.001	Random
<i>Thalassoma pavo</i> (Linnaeus, 1758)	8.3 ± 4.68	100	2.64	4.83 *	0.01	Clumped
<i>Chromis limbatus</i> (Valenciennes, 1833)	8.73 ± 5.77	100	2.64	4.83 **	0.006	Clumped
<i>Abudefduf luridus</i> (Cuvier, 1830)	5.13 ± 2.34	100	1.07	0.33 n.s.	0.0005	Random
<i>Synodus synodus</i> (Linnaeus, 1758)	1.33 ± 1.52	83.33	1.72	2.45 *	0.018	Clumped
<i>Diplodus sargus cadenati</i> (Bauchot & Daget, 1974)	4.4 ± 3.43	100	2.67	4.90 **	0.012	Clumped
<i>Diplodus vulgaris</i> (E. Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)	3.57 ± 1.41	83.33	0.55	-1.87 n.s.	-0.004	Random
<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)	102.33 ± 45.08	100	19.86	26.38 **	0.006	Clumped
<i>Boop boops</i> (Linnaeus, 1758)	141.67 ± 109.92	100	85.29	62.78 **	0.019	Clumped
<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)	6.47 ± 8.86	93.33	12.14	18.98 **	0.057	Clumped
<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	0.2 ± 0.41	13.33	0.83	-0.62 n.s.	-0.034	Random
<i>Oblada melanaura</i> (Linnaeus, 1758)	0.8 ± 1.32	33.33	2.19	3.71 **	0.051	Clumped
<i>Dentex</i> spp	0.13 ± 0.35	13.33	0.90	-0.33 n.s.	-0.034	Random
<i>Pomadasys incisus</i> (Bowdich, 1825)	786.67 ± 202.97	100	52.37	47.56 **	0.002	Clumped
<i>Umbrina canariensis</i> (Valenciennes, 1833-44)	11.13 ± 8.99	100	7.26	12.96 **	0.018	Clumped
<u>Species observed by the BT</u>						
<i>Ephinephelus marginatus</i> (Linnaeus, 1758)	1.00 ± 0.64	100	0.41	-2.65 n.s.	-0.02	Uniform
<i>Mycteroperca fusca</i> (Bloch, 1793)	0.77 ± 0.43	100	0.24	-3.80 n.s.	-0.034	Uniform
<i>Serranus atricauda</i> (Linnaeus, 1758)	1.4 ± 0.89	100	0.57	-1.79 n.s.	-0.010	Random
<i>Apogon imberbis</i> (Linnaeus, 1758)	51.00 ± 12.96	100	3.29	6.26 **	0.001	Clumped
<i>Scorpaena</i> spp.	3.8 ± 1.32	100	0.46	-2.93 n.s.	-0.004	Uniform
<i>Muraena helena</i> (Linnaeus, 1758)	0.63 ± 0.49	60	0.38	-2.85 n.s.	-0.034	Uniform
<i>Heteropriantus cruentatus</i> (Lacepede, 1801)	0.73 ± 0.45	66.67	0.28	-3.55 n.s.	-0.034	Uniform
Total number of individuals	1197.43 ± 226.22					
H'	1.28 ± 0.18					
E	0.41 ± 0.05					

species having >10 ind 100 m^{-2} , were the schooling pelagic species *Pomatosus saltator* and *Boop boops*, and epibenthic species that formed loosely aggregated schools such *Pomadasyss incisus*, *Pagellus* spp. and *Apogon imberbis*. The highest number of individuals per species recorded for the study was 786,67 for *P. incisus*. Twelve species were never represented by more than 3 ind 100 m^{-2} in any sample. Fourteen species were presented along all samples (100% of occurrence frequency). The average number of species per sample was consistently between 19 and 24, while the overall average number of species per sample was 22,53 for the entire study. The average number of individuals per sample was 1197,43, with a maximum of 1507 and a minimum of 925.

Species diversity (H') have reached an overall average value of 1,28 for the studied pipeline, while the evenness (E) have obtained a lower average value of 0,41 (Tab. 2). Species detected through the BT census have generally presented uniform distribution patterns. These are elusive cryptic territorial predatory species such the *Serranidae* groupers *Ephinephelus marginatus* or *Mycteroperca fusca*. These populations have found shelter and protection in microhabitats and holes along the pipeline. Nevertheless species sampled by means of the SVCT census have presented random and clumped patterns. These are schooling pelagic or non-cryptic conspicuous epibenthic species. *Seriola* spp., *Pomatosus saltator* and *Trachinotus ovatus* are the 3 species with the highest aggregation levels according to the obtained Green index. These are 3 patchy schooling pelagic species (Brito, 1991).

Current measurements

Both compass cards (August 97 and December 97 for the lower level) have shown directional peaks associated with some cardinal areas, which differ 180° respectively (Fig. 3). This explains the current flow, which have presented a dominant direction within the W-WSW quadrant in August 97, while in December 97 it was in the ENE-E quadrant. As a consequence, the current direction during the all year is the same, only changing the way with seasons. The current speeds oscillate between $0\text{--}5\text{ cm s}^{-1}$, with average value of $1,67\text{ cm s}^{-1}$ in August 97 and $1,80\text{ cm s}^{-1}$ in December 97.

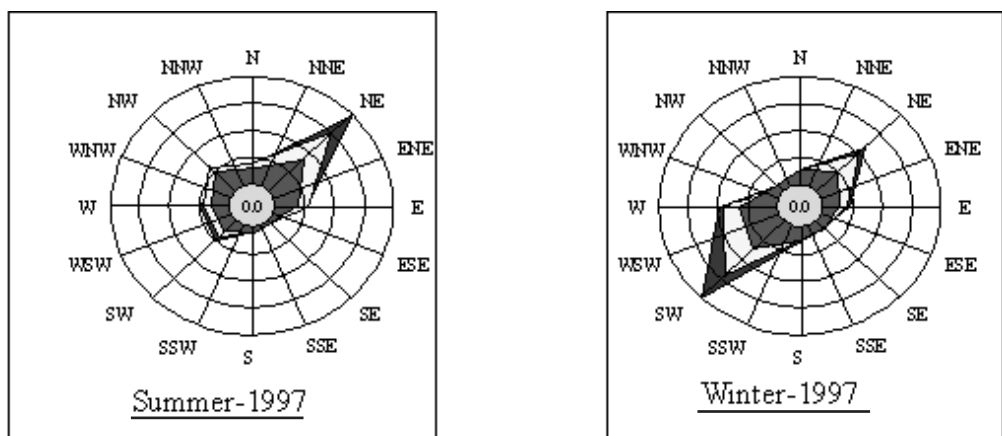


Fig. 3 - Compass cards for current measurements for the two studied periods.

Direzione ed intensità delle correnti misurate nei due periodi di studio.

Discussion

Macroepibenthic assemblages

As the HOA and the spatial distribution models have shown, the abiotic parameters substrate orientation (as a factor depending on current direction) and depth produce significant fluctuations in the % cover of the selected macroepibenthic OTUs. Oceanographic patterns, which are characterized by ENE-E and W-WS dominant currents depending on the season, structure sessile biota settlement depending on module orientation, as Wendt *et al.* (1989) observed. Obstacle or island module effect, produce flux acceleration on the SE and NW module sides along the pipeline. This helped explain the grouping of the SW and NE and the SE and NW faces of the HOA within the PCA. As a consequence, the feeders OTUs *Balanidae* and *Porifera* have dominated the high turbulent faces (SE and NW). Their presence could supply secondary substrate for other communities, which allowed an increase in the colonization rate as Osman (1982) suggested. On the other hand, low turbulent faces (SW and NE) have shown a high abundance of *Rhodophyta* turfing. All of which were shown to be between high and low turbulent OTUs within the correlation model. The decrease of the % cover of the all OTUs (excepting *Porifera* and *Briozoa*) with depth, is attributable to the release of the sewage organic matter from the discharge mouths along the pipe.

Benthic cartography has been usually implemented by means of *in situ* measurements of the variable of interest. Therefore a grid is obtained in order to interpolate data along study area. This work shows how we can obtain a detailed benthic cartography of an artificial habitat through 2 easily measured information layers (depth and orientation), using multiple regression models. Further the validation of the proposed model of cartography has been carried out comparing the expected and random observed values using simple regression models.

Fish assemblages

The descriptive statistics on the fish community parameters obtained for the analyzed pipeline indicate that the associated fish fauna is reasonably diverse and abundant when we compare results with other locations within the archipelago. The studied area has presented approximately half of the species detected along a broad range of subtidal environments in the Canarian Archipelago, using the SVCT showed in this study (Falcón *et al.*, 1996). Fish richness is not different from other nearby natural areas in Gran Canaria, but it is lower than adjacent artificial structures (Herrera, 1998), which can be caused by the lower complexity and heterogeneity within the pipeline, since richness increase with complexity (Kingsford and Battershill, 1998). Although some common fish species in the archipelago have not been found along the study, neither of those detected species have shown significantly lower abundances in relation to the average abundant values obtained by Falcón *et al.* (1996) for the Canary Islands, Bortone *et al.* (1991) in El Hierro island and Falcón *et al.* (1993) for Alegranza island.

Nevertheless there has been some fish species in significant higher abundant than those average values obtained by the above cited authors. Thus *P. saltator*, *Pagellus* spp., *Umbrina* spp., *Muraena* spp., *Scorpaena* spp. and *P. incisus* have shown higher abundance than those studies. Furthermore *E. marginatus*, *Dentex* spp., and *A. imberbis* have presented higher abundance than 2 of the above cited studies, while *B. boops*, *Serranus* spp. and *Diplodus vulgaris* have shown higher abundance than solely one study. Further, the abundance of *P. incisus*, *Umbrina* spp., *Diplodus* spp., *C. limbatus*,

Seriola spp., *P. saltator*, *L. mormyrus*, is higher than natural nearby areas (Herrera, 1998). All of them (excepting the pelagic species *P. saltator* and *Seriola* spp.) are benthic/epibenthic fish species, which currently present economic importance to local fisheries (Brito, 1991).

Diversity (H'), total number of species per survey and total fish abundance per survey are higher than those average values obtained by Falcón *et al.* (1996) for the Canarian Archipelago. However there are no differences with the average values calculated by Falcón *et al.* (1993) for Alegranza Island. This fact is attributable to protection of this island by National Laws against fishing. Furthermore H' is not different from that value given by Bortone *et al.* (1991) for El Hierro island and it is lower than that obtained by Herrera (1998) which oscillated between 2-3 depending on the season.

This is explained because although the number of species is relatively high along the pipeline, there are dominant species in abundance, which has been shown by the low value obtained for the J' index. Evenness is lower than those calculated by Falcón *et al.* (1993) and Herrera (1998). These dominant species (e.g. *Pagellus* spp., *Umbrina* spp., *C. limbatus*, *Diplodus* spp., *B. boops*, etc.) are most suitable for the appropriate trophic niches created by the input of organic matter.

On the other hand, pelagic macrophages predatory species (e.g. *Seriola* spp., *Tunnus* spp., *P. saltator*, *S. viridensis*, etc.) are attracted by the *edge effect* or the *thicmotrophic stimuli* (*sensu* Bredger and Nigrelli, 1938) generated by the presence of the pipeline along a homogeneous environment. The presence and high abundance of benthic predatory economically important species (*Serranus* spp., *M. rubra*, *E. marginatus*, *Scorpaena* spp., *Muraena* spp.) in this artificial habitat could suggest that these populations are limited by habitat availability and not by recruitment along the South coast off Gran Canaria. The habitat could be limited by food availability and shelter occupation (Bohnsanck, 1989).

Riassunto

Quali studi di base preliminari alla costruzione di una barriera artificiale con funzione di protezione e di riciclaggio della materia organica versata in mare tramite condotte sono stati esaminati il macrobenthos ed i pesci associati ad una condotta fognaria alla Gran Canaria (Oceano Atlantico Centro Orientale). La condotta, lunga 1.305 m, è costituita da tubi di cemento di 60 cm di diametro, intercalati ed assemblati tramite moduli di $100 \times 75 \times 80$ cm ogni 5 m; la parte terminale raggiunge i 20 m di profondità. I pesci sono stati studiati tramite visual census determinando le densità e le frequenze di presenza e gli indici di biodiversità. Il macrobenthos sessile è stato studiato utilizzando gli indici percentuali di ricoprimento di alcune varietà operazionali tassonomiche (OTU_s). Le varie analisi hanno dimostrato l'influenza di tre parametri abiotici (profondità, orientamento del substrato, situazioni oceanografiche) sulle associazioni degli OTU considerati.

Le correnti marine hanno influenzato l'insediamento del macrobenthos sessile in relazione all'orientamento del substrato. Così c'è una maggiore abbondanza dei filtratori OTU (Balani, poriferi) lungo i lati SE e NO della condotta quale risultato di un incremento del flusso dovuto ad una perturbazione della corrente causata dalla presenza stessa della condotta. Da un'altra parte i lati protetti (NE, SO) sulla parte superiore del substrato presentano una maggiore presenza dei ciuffi di *Rhodophyta*. L'introduzione di materiale organico e l'effetto tigmotrofico hanno attratto un'alta densità, ricchezza e diversità di pesci, in confronto ai siti circostanti ed ai valori medi conosciuti nell'arcipelago delle Canarie. Inoltre alcune specie bentoniche di pesci di interesse economico hanno tratto vantaggio dalla presenza di microhabitat lungo le condotte che fungono da nascondigli ed anfratti protetti. Tutto ciò suggerisce che la maggioranza di queste specie bentoniche siano localmente limitate non dal reclutamento ma dalla disponibilità di habitat adatto.

References

- BAILEY-BROCK J.H. (1989) - Fouling Community development on an artificial reef in Hawaiian waters. *Bull. Mar. Sci.*, **44** (2): 580-591.

- BOHNSACK J., BANNEROT S.P. (1986) - *A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure on coral reef fishes*. Department of Commerce (NOAA): 32 pp.
- BOHNSACK J. (1989) - Are high densities of fishes at artificial reefs the results of habitat limitation or behavioral preference? *Bull. Mar. Sci.*, **44** (2): 631-645.
- BORTONE S.A., VAN TASSEL J., BRITO A., FALCÓN J.M., BUNDRICK C.M. (1991) - A visual assessment of the inshore fishes and fishery resources off El Hierro, Canary Islands; A baseline survey. *Sci. Mar.*, **55** (3): 529-541.
- BREDGER C.M., NIGRELLI R.F. (1938) - The significance of differential locomotion activity as an index to the mass physiology of fishes. *Zool.*, **23**: 1-29.
- BRITO A. (1991) - *Catálogo de los peces de las Islas Canarias*. Francisco Lemus Editor: 121 pp.
- BROCK R.E. (1982) - A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bull. Mar. Sci.*, **32** (1): 269-276.
- ELLIOT J.M. (1973) - *Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates*. Scientific Publication N° 25. Fresh. Biol. Association, Ambleside, Westmorland, Great Britain.
- FALCÓN J.M., MENA J., MATA M., RODRÍGUEZ F., BRITO A. (1993) - Resultados preliminares de la expedición Alegranza-1991. Evaluación visual de las poblaciones de peces de fondos rocosos infralitorales de la isla de Alegranza (Islas Canarias). *Bol. Inst. Esp. Océ.*, **11**: 223-230.
- FALCÓN, J.M., BORTONE, S.A., BRITO, A., BUNDRICK, C.M. (1996) - Structure and relationships within and between the littoral rock-substrate fish communities off four islands in the Canarian Archipelago. *Mar. Biol.*, **125** (2): 215-231.
- HERRERA R. (1998) - *Dinámica de las comunidades bentónicas de los arrecifes artificiales de Arguineguín (Gran Canaria) y Lanzarote*. PhD Thesis, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain: 270 pp.
- KINGSFORD M., BATTERSHILL E. (1998) - *Studying temperate marine environments*. Canterbury University Press. New Zealand: 334 pp.
- LINCOLN-SMITH M.P. (1989) - Improving multispecies rocky reef fish censuses by counting different groups of species using different procedures. *Enviro. Biol. Fish.*, **26**: 29-37.
- LUDWIG J.A., REYNOLDS J.F. (1988) - *Statistical Ecology*. Wiley and Sons: 230 pp.
- OSMAN R.W. (1982) - The establishment and development of a marine epifaunal community. *Ecol. Mono.*, **47**: 7-63.
- SUTHERLAND J.P., KARLSON R.H. (1977.) - Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. *Ecol. Mono.*, **47**: 425-496.
- WENDT P.M., KNOTT D.M., VAN DOLAH R.F. (1989) - Community structure of the sessile biota on five artificial reefs of different ages. *Bull. Mar. Sci.*, **44** (3): 1106-1122.

L. TUNESI, G. DIVIACCO*

ICRAM, Via di Casalotti, 300 - 00166 Roma, Italy.

*Ufficio Parchi e Aree Protette, Regione Liguria - 16100 Genova, Italy.

IMPORTANCE OF ARTIFICIAL HABITATS FOR THE FISH ASSEMBLAGE COMPOSITION IN DEEP WATERS

IMPORTANZA DEGLI HABITAT ARTIFICIALI PER LA COMPOSIZIONE DEL POPOLAMENTO ITTICO IN ACQUE PROFONDE

Abstract

To increase the knowledge of hard bottom faunal assemblages in the Tigullio Gulf, the IFREMER submersible "Cyana" conducted dives in September 1994. Observations, collection of photographic/video images and samples were carried out at 3 sites; Punta Chiappa (140-280m depth), Punta di Portofino (138-300m depth) and in the canyon in front the mouth of the Entella River, off Chiavari (570-100m depth). Sixty nine taxa were identified: Porifera (2), Cnidaria (8), Mollusca (10), Anellida (4), Crustacea Decapoda (8), Echinodermata (8), Chondrichthyes (2) and Osteichthyes (27). Forty nine taxa associated with soft seabed, 24 with hard seabed and 12 with anthropogenic substrata. 57,7% of commercial species were found in association with soft bottoms, 28,2% with hard bottoms and 14,1% with anthropogenic substrata. The importance of this latter substratum was enhanced by the number of fish found near wrecks and by the species composition. Suggestions are made on the relationship between the presence of particular fish species and distinct characteristics of the wrecks. The data confirms the importance of natural and anthropogenic hard substrata for fish fauna and the role of wrecks, particularly in deep waters, in the presence of specimens of commercial species.

Key-words: deep fauna, artificial habitats, submersible, Ligurian Sea.

Introduction

In order to increase the knowledge on hard bottom assemblages off the Portofino Promontory, in September 1994 the IFREMER submersible "Cyana" conducted dives at three sites in the Tigullio Gulf (Ligurian Sea).

The main objective of the research was to study deep circalittoral and bathyal assemblages and the canyon in front of the Entella River (Tunesi and Diviacco, 1997), in an area of high natural and conservation interest for the Ligurian Sea and the Western Mediterranean (Tortonese, 1958; Rossi, 1969; Morri *et al.*, 1986).

The first studies on hard bottom deep assemblages in this area, conducted at the end of the 1950s (Rossi, 1958), recorded rocky seabeds (RL) (Pérès and Picard, 1964) and banks of deep-sea corals (CAP) (Pérès and Picard, 1964). Data available from the RL biocoenosis in the area is very scarce (Morri *et al.*, 1986; Diviacco and Tunesi, 1999). Data relating to the deep-sea coral biocoenosis, shows that it was held by two *facies*: one with *Madrepora oculata* L., from the margin of the continental shelf and the other with *Lophelia pertusa* (L.), in waters deeper than the former, between -600 and -700m (Rossi, 1969).

The deep-sea coral biocoenosis is of high scientific importance, both from a geological and biological point of view. White Corals reef (*Lophelia pertusa*) are subject

to damage by trawlers (Wilson, 1979), and act as a settlement substrata for other epifauna. Little was known about the vitality of the deep-water scleractinian corals and the associated benthic fauna, that elsewhere is very rich (Le Danois, 1948; Jensen and Rune, 1992).

In the area another interesting and little studied biocoenosis is the shelf-edge detritic (DL) (Pérès and Picard, 1964), for which only data collected during trawl surveys are available (Tunési and Peirano, 1985; Peirano and Tunési, 1986; Tunési, 1986). There was no information on the biological assemblages of the canyon in front of the mouth of the Entella River, from -150 m to -560 m, which is an affluent of the important canyon of the Levant Riviera (Fanucci *et al.*, 1979).

The dives conducted in September 1994 by the "Cyana" submersible were geared to focus on these different aspects. The locations of the dive sites are indicated in fig 1. During one dive, many artificial objects (metallic buoys, tanks, a large and high unidentified structure) were encountered, and provided an opportunity to collect data on assemblages living in artificial habitats in deep waters and to formulate considerations on the relations between these species and those living on natural hard and soft bottoms in the area.

Materials and methods

The observations, the collection of photographic/video images and samples were obtained by the IFREMER submersible "Cyana". The position of the submersible during the dive was obtained by DGPS, with two buoys in the studied area. During the dives hard bottoms (natural and artificial) were searched by a panoramic sonar with a 500 m range.

The investigations concerned the bottoms off Punta Chiappa (140-280 m depth), Punta di Portofino (138-300 m depth) and in the canyon in front the mouth of the Entella River, off Chiavari (570-100 m depth) (Fig. 1 and Tab. 1).

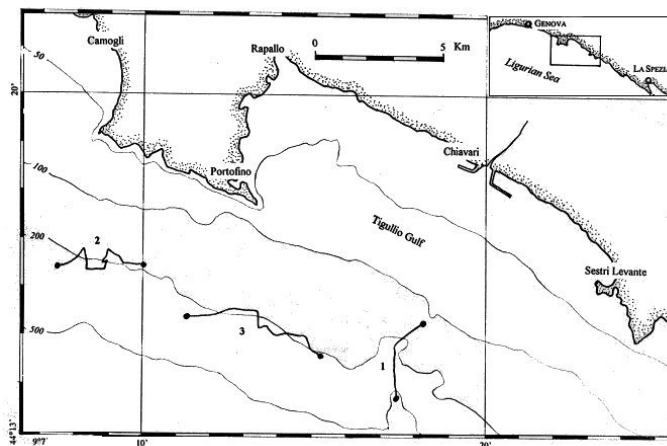


Fig. 1 - Localisation of the three dives by submersible "Cyana" on the bottoms in front of the Tigullio Gulf (1=12 September, 2=13 September, 3=14 September 1994).

Localizzazione delle tre immersioni del sommergibile "Cyana" sui fondali antistanti il Golfo Tigullio (1=12 settembre, 2=13 settembre, 3=14 settembre 1994).

Tab. 1 - Schematic information on dives by submersible.

Informazioni schematiche sulle immersioni effettuate con sommergibile.

Date	12/9/1994	13/9/1994	14/9/1994
Area	Canyon in front of the Entella river	Bottoms off Punta Chiappa	Bottoms off Punta di Portofino
Range of depth	100 - 570 m	140 - 280 m	138 - 300 m
Duration (hours)	4	5	5
N Taxa identified	21	16	55

The macrobenthic and nektonic species were identified by the photographic and video material; some benthos samples were collected with the operating mechanical arms of "Cyana" and analysed in laboratory.

Results

The use of the submersible in the Tigullio Gulf (Tab. 1) allowed direct observations on the deep fauna present in environments otherwise very difficult to study by other means. These include offshore rocky bottoms, deep-sea white corals, continental shelf, submarine canyon and deep-water wrecks (Tunesi and Diviacco, 1997).

The observations resulted in the identification of 69 taxa belonging to Porifera (2), Cnidaria (8), Mollusca (10), Anellida (4), Crustacea Decapoda (8), Echinodermata (8), Chondrichthyes (2) and Osteichthyes (27); 49 taxa have been found associated with soft bottoms, 24 to hard bottom and 12 to anthropogenic substrata (Tab. 2).

The observations obtained on the artificial habitat during the dive of September 14th 1994 included many objects (metallic buoys, tanks and a large wreck) and were considered to have a high richness of fishes (A in Tab. 2), in comparison to fish data from soft bottoms conducted during the "Cyana" dives. The biological assemblage was characterised by species bound to hard bottom, sometimes of high commercial value, such as the European lobster *H. gammarus*, the common spiny lobster *P. elephas* and the wreckfish *Polyprion americanus*. Remnants of trawl-net gear were seen near the large unidentified structure.

In the dive dated September 13th 1994, some outcrops populated by the biocoenosis of offshore rocky bottoms were found, at 210 m depth. The macrobenthos assemblage present on these outcrops was characterised by many specimens of the sea-urchin *E. melo* and specimens of the genus *Munida*. On these rocks some polyps of the scleractinian coral *M. oculata* were found. The ichthyologic fauna was represented by commercial species as *L. piscatorius*, *C. conger*, *Z. faber*, *H. dactylopterus* and by *A. anthias*, *C. aper* and *T. minutus capelanus*.

M. oculata was found during the dives on September 12th and 13th 1994. Dead branches were found at the base of the canyon in front of the mouth of the Entella river at a depth of 561 m (Fig. 3) and only the terminal portions of these dead branches, lying on the sediment, were still alive. During the second dive small colonies of *M. oculata*, settled on natural hard substratum at depth of 210 m, were found alive.

The continental shelf-edge in front of the Tigullio Gulf is characterized in some areas by a dense assemblage of the sealily *L. phalangium* (Peirano and Tunesi, 1986).

The European wing oyster *P. hirundo* and the brittle pen shell *A. fragilis* are often associated to this species. In the transition between the circalittoral and bathyal zone the submersible observations provided the identification of many other situations (Tunesi and Diviacco, 1997).

Tab. 2 - List of the identified species for the three days of dive, their range of depth, kind of substratum to which they have been found joined and one indication on their market price.

Legend: S=soft bottom; H=Hard bottom; A=Anthropogenic substratum.

Lista delle specie identificate per giorno di immersione, intervallo di profondità, tipo di substrato al quale sono state trovate associate e un'indicazione del loro prezzo di mercato.

Legenda: S=fondo mobile; H=fondo duro; A=substrato di origine antropica.

	SPECIES	Range of Depth			Kind of bottom	market price
	DATE	12.9.94	13.9.94	14.9.94		
	SPERMATOPHYTA					
	leaves of <i>Posidonia oceanica</i>			185	S	
	PORIFERA					
1	Porifera			166-201	H	no
2	<i>Suberites domuncula</i> Olivi			164	S	no
	CNIDARIA			168		
1	<i>Alcyonum palmatum</i> (Pallas)	108-201			S	no
2	Actinaria			156-205	S	no
3	<i>Calliactis parasitica</i> (J.Couch)			193	S	no
4	<i>Cerianthus membranaceus</i> Spallanzani	196-560		196-242	S	no
5	<i>Epizoanthus arenaceus</i> (Delle Chiaje)			202	S	no
6	<i>Funiculina quadrangularis</i> (Pallas)			173-257	S	no
7	<i>Madrepora oculata</i> L.	561	212-213		H	no
8	Madreporaria			171	S/H	no
	MOLLUSCA					
1	<i>Atrina fragilis</i> (Pennant)	119-247		120-198	S	no
2	Bivalvia	182			S	no
3	<i>Cassidaria</i> sp.	261			S	no
4	<i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck)	108	293	192-257	S/H/A	low
5	<i>Glossus humanus</i> (L.)			242	S	no
6	<i>Octopus salutii</i> Verany	258	214		H	no
7	<i>Ostrea</i> sp.			180-184	H/A	high
8	<i>Pteria hirundo</i> (L.)	119-237		175-239	H	no
9	Loliginidae		269	192-299	S/H	low
10	<i>Sepiolo</i> sp.			213	S	low
	ANNELIDA					
1	Sabellidae			164	H/A	no
2	Serpulidae		213	164-180	H/A	no
3	<i>Filograna</i> sp.			198-200	S	no
4	<i>Terebellides stroemi</i> Sars			241	S	no
	ARTHROPODA - Crustacea - Decapoda					
1	<i>Homarus gammarus</i> (L.)			176-210	H/A	high
2	<i>Munida</i> sp.		212-214		H	no
3	<i>Nephrops norvegicus</i> (L.)	277-452			S	high
4	<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius)			164-181	H/A	high
5	Paguridae			193-203	S	no
6	<i>Pasiphaea sivado</i> (Risso)	480			S	no
7	<i>Plesionika</i> sp.	533			S	high
8	Portunidae			191	S	no
	ECHINODERMATA					
1	<i>Antedon mediterranea</i> (Lamarck)			138-225	S	no
2	<i>Astropecten irregularis</i> pent. (D.Chiaje)			198-242	S	no
3	<i>Echinus melo</i> Lamarck	108	213	189	H	no
4	<i>Leptometra phalangium</i> (Mull.)	108-233	284	120-243	S/H/A	no
5	<i>Ophiocten abyssicolum</i> Mar.			200-225	S	no
6	<i>Ophiura ophiura</i> (Lamarck)	157-211		182-257	S	no
7	Spatangidae			179	S	no
8	<i>Stichopus regalis</i> Cuvier			194	S	no

Tab. 2 (cont.) - List of the identified species for the three days of dive, their range of depth, kind of substratum to which they have been found joined and one indication on their market price. Legend: S=soft bottom; H=Hard bottom; A=Anthropogenic substratum.

Lista delle specie identificate per giorno di immersione, intervallo di profondità, tipo di substrato al quale sono state trovate associate e un'indicazione del loro prezzo di mercato. Legenda: S=fondo mobile; H=fondo duro; A= substrato di origine antropica.

	SPECIES	Range of Depth			Kind of bottom	market price
	DATE	12.9.94	13.9.94	14.9.94		
	VERTEBRATA - Chondrichthyes					
1	<i>Centrophorus uyato</i> (Rafinesque)	557			S	low
2	<i>Scyliorhinus canicula</i> (L.)	227-474		224	S	low
	VERTEBRATA - Osteichthyes					
1	<i>Anthias anthias</i> (L.)		213	171-213	H/A	no
2	<i>Arnoglossus laterna</i> (Walbaum)			282	S	low
3	<i>Buglossidium luteum</i> (Risso)			193	S	high
4	<i>Callyonimus maculatus</i> Raf. Schmaltz			187-209	S	no
5	<i>Capros aper</i> L.	229-238	214-252		H	no
6	<i>Cepola macrophthalmia</i> (L.)	112			S	low
7	<i>Citharus linguatula</i> (L.)			225-246	S	low
8	<i>Coelorinchus coelorincus</i> (Risso)	441-545			S	no
9	<i>Conger conger</i> (L.)		212-213	180	H	low
10	Gobiidae			192-203	S	no
11	<i>Gadiculus argenteus argenteus</i> Guichenot			189-198	S	no
12	<i>Gaidropsarus</i> sp.			246	S	no
13	<i>Helicolenus dactylopterus</i> (Delaroche)	158-373	211-250	177-197	H	low
14	<i>Labrus bimaculatus</i> L.			164	A	low
15	<i>Lepidorhombus boscii</i> (Risso)	202		171-395	S	low
16	<i>Lesuerigobius</i> sp.			188-243	S	no
17	<i>Lophius piscatorius</i> L.		213		H	high
18	<i>Merluccius merluccius</i> (L.)			159-206	S/H	high
19	<i>Micromesistius poutassou</i> (Risso)			186-316	S	low
20	<i>Notolepis rossoi</i> (Bonaparte)	562			S	no
21	<i>Ophisurus serpens</i> (L.)			255	S	no
22	<i>Phycis phycis</i> (L.)		213	164	H/A	high
23	<i>Polyprion americanus</i> (Bloch & Schn.)			167-168	A	high
24	Soleidae			201	S	high
25	Triglidae			149-213	S	high
26	<i>Trisopterus minutus capelanus</i> (Lacep.)		213	186-200	H/A	low
27	<i>Zeus faber</i> L.	108	213		H	high

Submersible observations on megabenthic and ichthyological assemblages along the canyon in front of the Entella river were made on September 12th 1994, starting by the submersible "Cyana" from the base of the canyon, at a depth of 560 m. Specimens of megabenthos are very scarce along the steep walls of the canyon, which are composed by a light grey mud. Going up along this structure, we found the species characteristic of the upper part of the bathyal zone, as the Norway lobster *N. norvegicus*, with burrows excavated in proximity of the canyon walls. At a depth of approximately -200 m the bottoms with *Leptometra* begin and are present up to -108 m. Along the canyon axis the presence of *O. ophiura* increases between the depths of 160 and 150 m. Above -150 m the bottom is quite flat and from 110 m onwards it shows the marks of trawl activities.

The ichthyological fauna in the canyon is appeared rather poor, particularly in the deeper areas. The species met were *N. rissoi*, *C. coelorincus*, *S. canicula* and one spe-

cimen of the little gulper shark, *C. uyato*. Upon ascending, specimens of the rockfish, *H. dactylopterus* were quite frequent and were together with the boarfish, *C. aper*, more abundant near rocky bottoms.

The less steep soft bottoms of the Tigullio Gulf characterised by the absence of rocks and wrecks resulted interested by heavy trawling activities, as indicated by the furrows left by the divergents of this fishing gear.

Regarding commercial species, the 54,8% of these have been found joined to soft bottoms, 32,3% to hard bottoms and 12,9% to anthropogenic substrata (Fig. 2), but the importance of this last kind of substratum was enhanced by species composition of its assemblage and by the market price of the their species, the Stone bass *Polyprion americanus* and the Forkbeard *Phycis phycis*, exclusively found on artificial habitats.

Fig. 3 shows the number of species linked to the different kind of substratum; artificial habitats are characterised by a predominance of market price species whereas soft bottoms present a high number of no market price species.

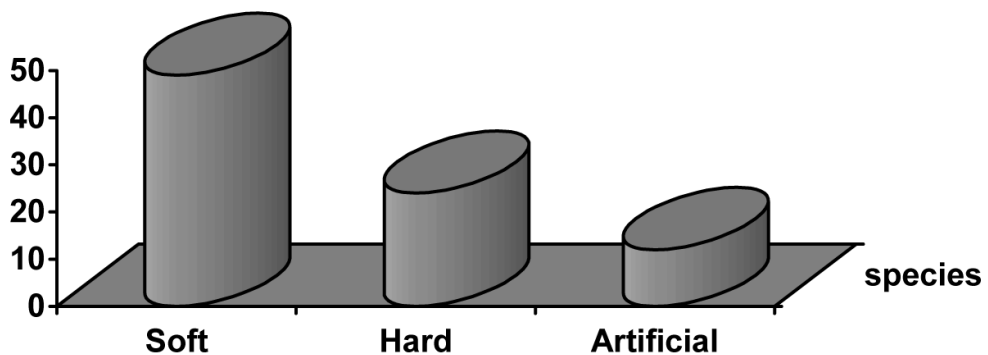


Fig. 2 - Number of species found joined to the different kind of substratum.

Numero di specie trovate associate ai differenti tipi di substrato considerato.

Discussion

The use of the submersible allowed direct observations on the deep fauna present in environments very difficult to study by other means like the circalittoral and the bathyal hard bottoms, submarine canyons and deep artificial habitats.

The greatest abundance of the ichthyological fauna founded on the wrecks, during the dive of the 14th September 1994 puts in evidence the importance of hard bottoms (of natural but also of anthropic origin) for fishing and confirms the role of wrecks, also of deep water (from -164 to -176 m), in the attraction of commercial species.

From the analysis of some characteristics of the wrecks, size and height seems to be important aspects for the species composition: specimens of Stone Bass (*P. americanus*), of Forkbeard (*P. phycis*) and of Cukoo wrasse (*L. bimaculatus*) were found always near to the taller wreck (more than 10 m height). The Swallowtail seaperch (*A. anthias*) seems to prefer this habitat but it is present also near small wrecks and rocks of few meters of height. The European lobster (*H. gammarus*) and the common Spiny lobster (*P. elephas*) seem not to have a particular requirement for hard substrata, living also near small parts of wreck or rocks of a few meters height.

The presence of alive deep-sea white corals is confirmed in the area, even if the number of the colonies was very small; the infrequent occurrence of *M. oculata* may be explained by several reasons: the effect of environmental causes such as temperature and sedimentation must be considered (Tunesi and Diviacco, 1997).

The assemblage of *L. phalangium* seems to be the most important at the continental shelf-edge level and the dives by “Cyana” identified dense assemblages of this species in connection with the shelf-edge, also when this rises near a depth of –100 m, as at the canyon mouth of the Entella river (–108 m).

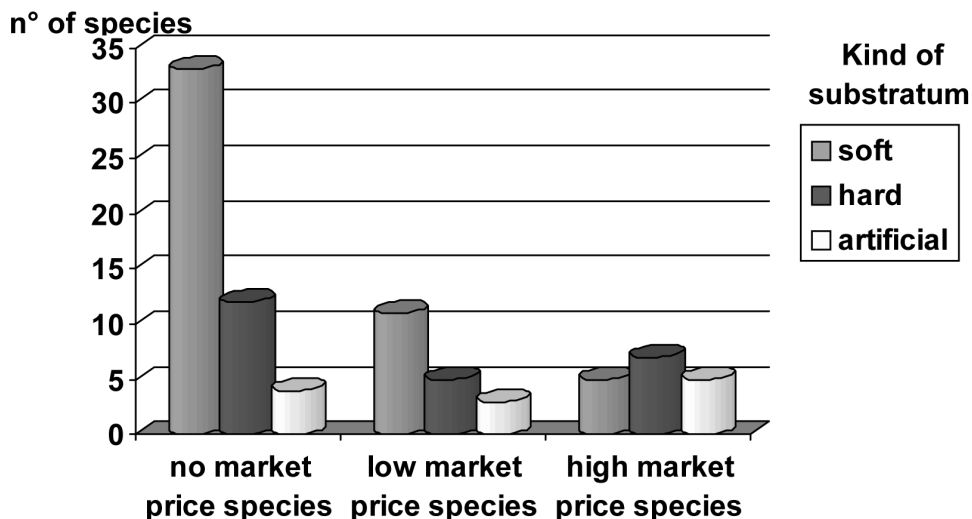


Fig. 3 - Number of species divided per market price, found joined to the different kind of substrata.

Numero di specie trovate associate ai diversi tipi di substrato, diviso per il loro prezzo di mercato.

The soft bottoms of the Tigullio Gulf with less steep and without rocks or wrecks resulted interested in heavy trawling, as indicated by the furrows left by the divergents of these fishing gears. The fixed fauna on this kind of bottom is very poor.

This situation seems to show that trawling can significantly modify the composition of the macrobenthic assemblages, killing the more delicate species like *Funiculina quadrangularis*. Relini Orsi (1974), in fact, indicate the presence of the sea pen, as an indicator of the compact mud *facies* of the biocoenosis of the bathyal mud (Bellan-Santini, 1985), on the bottoms of the Tigullio Gulf. This species however was not found in later samplings, carried out on the trawling bottoms of the same area (Relini *et al.*, 1986). During the dive of September 14th 1994, we found many specimens of this species and, in particular, in an area that is protected by wrecks and rocks. A large area characterized by a rich assemblage of *F. quadrangularis* was identified at depths between 170 and 200 m.

The collected data confirms the importance of natural and artificial hard substrata for fish fauna and the role of wrecks, also in deep waters, in the attraction of specimens of commercial species.

Investigations on the deep bottoms of the Tigullio Gulf by the submersible “Cyana” show the extraordinary capacity of this vehicle in carrying out detailed observations in areas difficult to study by means of other instruments, emphasize the great interest of this area and the importance of further specific studies.

Riassunto

Al fine di aumentare le conoscenze sui popolamenti di fondo duro presenti nelle acque del Golfo del Tigullio, il sommergibile "Cyana" ha condotto delle immersioni nel settembre 1994.

Osservazioni, raccolta di immagini fotografiche e video e campionamenti sono stati effettuati in 3 siti: Punta Chiappa (tra 140 e 280 m di profondità), Punta di Portofino (tra 138 e 300 m di profondità), canyon antistante la foce del fiume Entella, davanti a Chiavari (tra 570-100 m di profondità).

Sono stati identificati sessantanove taxa: Porifera (2), Cnidaria (8), Mollusca (10), Anellida (4), Crustacea Decapoda (8), Echinodermata (8), Chondrichthyes (2) and Osteichthyes (27). Quarantanove associati a fondi mobili, 24 a fondi duri e 12 a substrati duri di origine antropica.

Il 57,7% delle specie di interesse commerciale è stato trovato associato ai fondi mobili, il 28,2% ai fondi duri e il 14,1% a substrati duri di origine antropica. Tuttavia l'importanza di questo ultimo tipo di substrato è evidenziato dall'abbondanza numerica e dalla ricchezza specifica del popolamento ittico presente nelle vicinanze dei relitti.

Inoltre le osservazioni condotte suggeriscono possibili relazioni tra le caratteristiche dei relitti e la presenza di particolari specie.

I dati raccolti confermano l'importanza dei fondi duri sia naturali che di origine antropica per la fauna ittica e il ruolo dei relitti, in modo particolare nelle acque profonde, per la presenza di esemplari di specie di elevato valore commerciale.

Acknowledgements

Thanks are due to submersible "Cyana" team for their assistance at sea during the submersible operations.

References

- BELLAN-SANTINI D. (1985) - The mediterranean benthos: reflections and problems raised by a classification of the benthic assemblages. Mediterranean Marine Ecosystems. NATO Conference Series, 1. *Ecology*, **8**: 19-48.
- DIVIACCO G., TUNESI L., (1999) - Cartografia degli affioramenti rocciosi antistanti la Punta di Portofino (Mar Ligure) e osservazioni sui popolamenti bentici. *Atti A.I.O.L.*, **13** (1): 233-239.
- FANUCCI F., FIERRO G., FIRPO M., MIRABILE L., PICCAZZO M. (1979) - La piattaforma continentale della Liguria appenninica. *Atti Convegno Scientifico Nazionale Progetto Finalizzato Oceanografia e Fondi Marini, C.N.R. Roma*, **3**: 1275-1289.
- JENSEN A., RUNE F. (1992) - The fauna associated with the bank-forming deepwater coral *Lophelia pertusa* (Scleractinaria) on the Faroe shelf. *Sarsia*, **77**: 53-69.
- LE DANOIS E. (1948) - *Les profondeurs de la mer*. Payot, Paris, **2**: 1-568.
- MORRIC., BIANCHI C.N., DAMIANI V., PEIRANO A., ROMEO G., TUNESI L. (1986) - L'ambiente marino tra Punta della Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionomica. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **52** Suppl.: 213-231.
- PEIRANO A., TUNESI L. (1986) - Aspetti della biocenosi dei fanghi profondi nel Mar Ligure Centro-Orientale. *Nova Thalassia*, **8** (Suppl. 3): 647-648.
- PÉRÈS J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Réc. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **47** (Bull. 31): 3-137.
- RELINI ORSI L. (1974) - Un ambiente marino di grande interesse naturalistico: i fondi batiali al largo del promontorio di Portofino. *Atti IV Simposio Nazionale sulla Conservazione della Natura*, Bari, **1**: 141-148.
- RELINI G., PEIRANO A., TUNESI L. (1986) - Osservazioni sulle comunità dei fondi strascicabili del Mar Ligure Centro Orientale. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **52** (Suppl.): 139-161.
- ROSSI L. (1958) - Contributo allo studio della fauna di profondità vivente presso la riviera ligure di levante. (*Mus. Civ. Storia Nat. Genova*), *Doriana*, **2** (92): 1-13.
- ROSSI L. (1969) - Considerazioni zoogeografiche sul Bacino N.W. del Mediterraneo con particolare riguardo al Mar Ligure. *Archivio Botanico e Biogeografico Italiano*, **14** (4): 139-152.
- TORTONESE E. (1958) - Bionomia marina della regione costiera fra Punta Chiappa e Portofino (Riviera ligure di Levante). *Arch. Oceanogr. Limnol.*, **11**: 169-210.
- TUNESI L. (1986) - Crostacei Decapodi dei fondi strascicabili antistanti Chiavari (Riviera ligure di levante). *Ann. Mus. Civ. Storia Nat. Genova*, **86**: 29-44.
- TUNESI L., DIVIACCO G., (1997) - Observations by submersible on the bottoms off shore Portofino Promontory (Ligurian Sea). *Atti 12° Congresso A.I.O.L. (Isola di Vulcano, 18-21 Settembre 1996)*, **1**: 61-74.

- TUNESI L., PEIRANO A. (1985) - Cartographie bionomique des fonds en face de Chiavari (Mer Ligure - Italie) entre 20 et 300 mètres de profondeur. *Rapp. Comm. Int. Explor. Scient. Mer Médit.*, **29** (6): 213-216.
- WILSON J.B. (1979) - The distribution of the coral *Lophelia pertusa* (L.) [*L. prolifera* (Pallas)] in the North-East Atlantic. *Journ. of mar. Biol. Ass. U.K.*, **59**: 149-164.

These activities were undertaken within the research program CYACHUM - LICYA (contribution EEC - DG XII - Program "Human Capital and Mobility").

A. FALACE, A. ZULIANI, G. BRESSAN

Dipartimento di Biologia, Università di Trieste, Via L. Giorgieri, 10-34127 Trieste, Italy.

E-mail: falace@univ.trieste.it

MACROPHYTOBENTHIC COLONIZATION OF AN ARTIFICIAL REEF IN THE LIGURIAN SEA (LOANO-SAVONA)

COLONIZZAZIONE MACROFITOBENTONICA DELLA BARRIERA ARTIFICIALE DI LOANO (SAVONA-MAR LIGURE)

Abstract

This study is aimed at characterising the algal flora of the artificial reef modules of Loano (Ligurian Sea). Macro-algal samplings were carried out seasonally over a period of one year (Sept. 1994- Oct. 1995) on three pyramids set at different depths (22 m, 18 m, 17 m) in order to evaluate the incidence of depth and of different exposures on the qualitative composition of the algal community.

The floristic analysis revealed that the algal community belongs to the association Sargassetum vulgaris Mayoub (1976) which is typical of the infralittoral photophylous zone of the studied area. Large-size algae, such as Sargassum vulgare C. Agardh, Stypocaulon scoparium (L.) Kutzing and Padina pavonica (L.) Thivy, displayed the higher finding rates while most of the collected species were small-sized, mainly epiphytes on S. scoparium, with low finding rate.

Key-words: macrophytobenthic colonization, artificial reef, Ligurian Sea.

Introduction

The study of macrophytobenthos on artificial substrata can be approached through the description of the structural aspects of algal communities and/or the assessment of their ecological role in marine ecosystem. The study of the flora constitutes a necessary first step in the study of the colonisation of submerged artificial structures (Falace and Bressan, 1999a).

The present work, which is aimed at characterising the flora and the algal community structure of the artificial reef modules submerged at Loano, is part of a wider research dedicated to the qualitative-quantitative study of the macrophytobenthic components of these artificial structures (Falace *et al.*, 1998; Falace and Bressan, 1999c).

In particular, the study of the algal component was carried out in order to: -evaluate the incidence of the depth and the different exposures of the modules' surfaces and of seasonality on the processes of colonisation; -obtain basic preliminary knowledge on the algal community (floristic richness, community structure) in order to set out the subsequent phases of the research.

Together with the studies aimed at characterising the fouling community of the submerged panels surrounding the pyramids in question (Cecere *et al.*, 1993), the present investigation constitutes a first contribution to the understanding of the flora biodiversity of the artificial reefs of Loano.

Materials and methods

The floristic study was conducted on three pyramids (B1, B3, B6) of the artificial reef of Loano (Ligurian Sea-Mediterranean Sea) submerged respectively at: 17, 18, 22 m. For the description of this reef see Relini *et al.*, 1995.

The horizontal and vertical surfaces of the upper cube and lower cubes of each of these pyramids were sampled by means of herborization with A.R.A. The samplings were conducted seasonally over a period of one year (Sept. 1994, March 1995, July 1995, Oct. 1995).

In order to obtain a representative picture of the presence and distribution of epiphytes, which are particularly important for the evaluation of the algal community biodiversity, more individuals of the same species were collected (when possible and trying to limit damages to the community). The collection of different specimens of the same species also enabled subsequent taxonomical and phenological analysis in the laboratory.

The harvested samples were fixed in a solution of sea water with 4% formaldehyde and carried to the Algology Laboratory of the University of Trieste for further systematic analysis.

A floristic list of the species was drawn up. The taxonomic nomenclature was updated according to Silva *et al.*, 1996. The data were arranged in a species/relevés synoptic table (Tab. 1). The matrix obtained was processed with cluster analysis techniques, using the STAX2000 data processing programme.

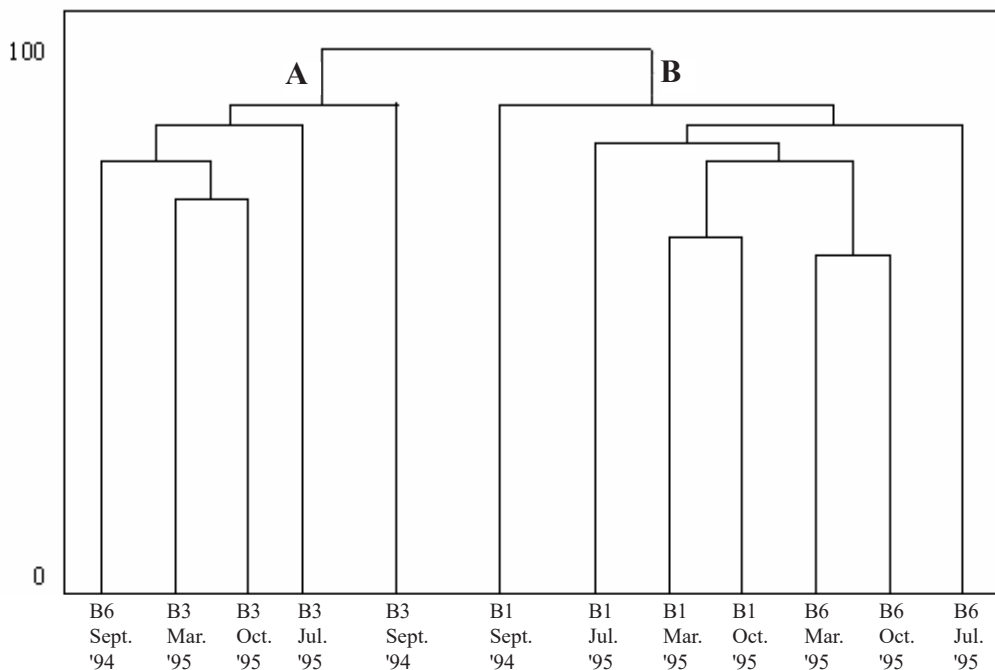


Fig. 1 - Qualitative differences between different pyramids.

Differenze qualitative tra le diverse piramidi.

[illegible]*Wrangella penicillaria* (C. Agardh) C. Agardh

Results

The study of the floristic richness of the samples collected on the three pyramids has led to the identification of 58 Rhodophyceae (73,4%), 14 Phaeophyceae (17,7%), 7 Chlorophyceae (8,9%) for a total of 79 species.

The algal population of the modules of Loano is characterised, from a physiognomical point of view, by the *dominance* of Phaeophyceae (*Sargassum vulgare* C.Agardh, *Stypocaulon scoparium* (L.) Kutzing) which constitute the upper layer of the community ("habitat forming species").

The *specific diversity* of the flora seems, on the contrary, to be mainly due to small-sized red algae epiphytes on the "habitat forming species". Of the total of identified species, 65 (82,3%) were found at least once as epiphytes.

Tab. 2a reports the total number of species sampled on each pyramid. The B3 pyramid displayed the highest number of species. Although this may be partly explained by the intensive grazing by sea urchins which has mainly affected the shallower pyramid (B1).

Tab. 2b reports the number of species present on the different surfaces sampled (vertical and horizontal, upper and lower) for each pyramid. Also in this case, independently of the depth and season, for all three pyramids the highest number of species was recorded on the lower horizontal surfaces. Also the algal cover values, surveyed during diving observations, confirm this trend. The vertical surfaces often displayed poor (or completely lacking) vegetation, even in terms of algal cover.

The relative lower number of species recorded for the horizontal surfaces of the upper cube compared with the lower cubes of the same pyramid is in accordance with observations made in the Gulf of Trieste (Falace and Bressan, 1999b) and is probably due to the removal of algal spores as a result of the scouring action of waves and of laminar currents which are probably more intense than on the lower horizontal surfaces of the pyramid.

Of the 79 species collected over the whole period of experimentation, 9 were found on all the pyramids in every season (*Cladophora prolifera* (Roth) Kutzing, *Lomentaria chylocradiella* Funk, *Padina pavonica* (L.) Thivy, *Polysiphonia furcellata* (C.Agardh) Harvey, *Polysiphonia elongella* Harvey, *S. scoparium* and *Sphacelaria cirrosa* (Roth) C.Agardh).

20 species were found on all the pyramids with considerable frequency of presence and of these, some displayed a high finding rate (i.e. *Acrothamnion preissii* (Sonder) Wollaston, *Asparagopsis armata* Harvey (= *Falkenbergia rufolanosa* (Harvey) Schmitz), *Ceramium flaccidum* (Kutzing) Ardissonne, *Cutleria chilosa* (Falkenberg) Silva, *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux var. *intricata* (C.Agardh) Greville, *Dictyota dichotoma* (Hudson) Lamouroux, *Dictyota linearis* (C.Agardh) Greville, *Gelidiella pannosa* (Feldmann) Feldmann & Hamel, *Halopteris filicina* (Grateloup) Kutzing, *Jania rubens* (L.) Lamouroux, *Pterosiphonia parasitica* (Hudson) Falkenberg, *Sphacelaria plumula* Zanardini).

S. vulgare was always present in all the relevés, often as small-sized individuals (never larger than 30 cm), except in the month of March on B1, probably as a result of the grazing by sea urchins.

The dendrogram (Fig. 1) originating from the processing (absolute distance, Sum of squares bond) of the matrix of frequency of species/relevés (sum of the presences on the different surfaces of every pyramid in each month) distinguishes two clusters: -cluster A which includes the B3 relevés (plus the samples of September on B6) and cluster B which includes the B1 and B6 relevés.

Tab. 2a - Total number of species sampled on each pyramid.

Numero totale di specie campionate su ogni piramide.

	Sept-94	March-95	July-95	Oct-95
B6	29	21	34	27
B3	44	38	45	34
B1	44	33	34	28

Tab. 2b - Number of species on different surfaces sampled for each pyramid.

Numero di specie sulle diverse superfici campionate per ogni piramide.

	Sept.-94				March -95				July -95				Oct.-95			
	u.h.	l.h.	u.v.	l.v	u.h.	l.h.	u.v.	l.v	u.h.	l.h.	u.v.	l.v	u.h.	l.h.	u.v.	l.v
B6	17	22	11	2	3	20	1	0	16	27	4	3	6	21	2	6
B3	30	28	14	13	25	37	4	0	29	38	5	7	17	28	4	14
B1	24	34	4	1	6	30	1	2	9	31	3	7	12	15	1	12

Discussion

The structure of the algal community is characterised by the dominance-abundance of Phaeophyceae (*S. vulgare* and *S. scoparium*) which constitute the upper layer of the community, and by a less developed under layer of mainly sciaphilous (shadow loving) species. As has already been pointed out by others authors (Scammacca *et al.*, 1993), *S. scoparium*, *H. filicina*, *P. pavonica* populations are rather common and widespread in the Mediterranean Sea. These are commonly found substituting the *Cystoseiretum*, in sites in which environmental instability is a predominant characteristic (for instance the reduction of light), and can be found starting from the first infralittoral metres up to a 25 metre-depth.

As far as the vegetational aspects of the algal community are concerned, the thick algal populations did not appear to be continuous but rather interrupted by areas with encrusting algae and rapidly-developing filamentous algae and areas with no vegetation at all, as a result of the intense grazing activity of the sea-urchins ("facies à broutages") (Nedelec and Verlaque, 1983; Verlaque, 1983). In March 1995, the regression of the algal population was particularly evident on the blocks of pyramid B1.

The structure of the algal community of the artificial reef of Loano, is further complicated by the presence of numerous epiphyte species located mainly on the thalli of the upper layer species. These "habitat forming species" appear to offer a suitable anchoring base to a very rich epiphyte flora, mainly characterised by Ceramiales (*Ceramium* spp., *Dasya* spp., *Polsiphonia* spp.), Cryptonemiales (*Hydrolithon* spp.) and Sphacelariales (*Sphacelaria* spp.). The thalli bases of *Stypocaulon*, *Sargassum* and *Padina* have been often found to be colonised by small, pink "crusts" of *Hydrolithon* spp. The species belonging to this genera (Ballantine, 1979) modify the algal surface making it more suitable for further epiphytic colonisation. The presence of *Jania* spp. has very often been recorded on these encrusting thalli.

Of particular phytogeographic interest is the finding of *A. preissii*, as epiphyte of *Stypocaulon* and of *Sargassum*. This Ceramiales, originally from Australia, has been reported in the Mediterranean Sea as an epiphyte of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. (Cinelli and Sartoni, 1969; Cinelli and Sartoni, 1970; Thelin, 1984). Its diffusion in the

Mediterranean seems to be linked mainly to maritime traffic. However, the presence of this species on all three the pyramids (independently of depth and season) seems to suggest that *A. preissii* has become a stable part of the Loano reef algal population.

It is also worth pointing out that many of the species collected are commonly found as epiphytes of *Posidonia* (Battiato *et al.*, 1982; Cecere *et al.*, 1993; Orlando and Bressan, 1998). Given that the pyramids of Loano are sited on the sea bed at the centre of a *Posidonia* meadow in regression it is possible to presume that the reef feels the effects of the surrounding environment.

The relative abundance of Rhodophyceae, which characterise the algal population of the modules of the Loano artificial reef, appears to be the determinant factor of the diversity of the flora of these reefs, according also to observations made on other artificial reefs in the Mediterranean Sea (Ardizzone and Riggio, 1980; Falace and Bressan, 1994; 1996a; 1996b; 1999b; Cecere *et al.*, 1993; Pisano *et al.*, 1980). The relative high number of red algae observed may in fact be related to the depth to which the artificial reefs are commonly submerged and therefore to the reduction of light penetration. Nevertheless, the number of species surveyed in this study can only be considered as indicative, since many of the species present in the floristic list were found sporadically (often collected fortuitously as epiphytes). In addition, artificial reefs, being sited well away from the coast, are often rich in sporadic species connected to maritime traffic.

The seasonal aspect of the physiognomy of the algal community was scarcely relevant due to the dominance of erect thalli of Phaeophyceae, which are present throughout the year. The exuberant development of some species has determined in some cases (ie.: B3 lower horizontal surface) a succession of *facies* of *D. dichotoma*, *P. pavonica*, *Dictyopteris polypodioides* (De Candolle) Lamouroux during spring and summer.

Although the cluster analysis calculations (Fig. 1) did not show an evident seasonality, it has, however, been possible to group, for every pyramid, the relevés from the coldest months (March/October), which are characterised by a smaller number of species, separating them from the summer ones (July and September).

Despite the floristic distinction between the pyramids obtained from the cluster analysis, it is necessary to emphasise that the three pyramids displayed 31 species in common which are the most significant in quantitative terms (both for frequency and abundance). On the other hand, the three pyramids differ for 14 species, found only on B1, 9 found only on B3 and 2 on B6, although these are, in fact, mainly small-size species with low finding frequency and present almost exclusively as epiphytes of the builder species. These observations suggests, once again, that many of the identified species, which are present only as epiphytes, are generally the result of casual collection and, as they do not depend on the depth of submersion of pyramid, cannot be considered typical of a particular pyramid.

Riassunto

Lo studio floristico del macrophytobentos rappresenta un primo necessario approccio allo studio della colonizzazione delle barriere artificiali.

Il presente lavoro è parte integrante di una più ampia ricerca dedicata all'analisi quali-quantitativa della componente algale dei moduli della barriera artificiale di Loano (Mar Ligure).

In particolare, la presente ricerca è stata condotta allo scopo di valutare l'incidenza della profondità, dell'esposizione delle superfici dei moduli e della stagionalità sui processi di colonizzazione al fine di ottenere informazioni preliminari sulla comunità algale (ricchezza floristica, struttura della comunità) necessarie per indirizzare le fasi successive della ricerca.

I campionamenti sono stati condotti stagionalmente per un anno su tre piramidi immerse rispettivamente a 22 m, 18 m, 17 m. Le alghe sono state raccolte, mediante erborizzazione, dalle superfici verticali e orizzontali dei

cubi superiori ed inferiori di ciascuna piramide.

L'analisi floristica ha portato all'identificazione di 79 specie (58 Rhodophyceae, 14 Phaeophyceae e 7 Chlorophyceae).

Dal punto di vista fisionomico il popolamento algale delle tre piramidi è caratterizzato dalla dominanza di Phaeophyceae (*Sargassum vulgare*, *Stypocaulon scoparium*), che costituiscono il soprastrato della comunità e da un sottostrato, meno sviluppato, rappresentato da specie prevalentemente sciafile. La colonizzazione vegetale non appare continua sulle superfici studiate, ma interrotta da aree con alghe incrostanti o prive di vegetazione come risultato dell'intenso *grazing* dei ricci.

La struttura della comunità algale della barriera artificiale di Loano è complicata dalla presenza di numerose specie di piccola taglia epifite delle alghe di soprastrato. Molte di queste sono specie tipiche epifite di *Posidonia oceanica*. Poiché la barriera studiata si trova al centro di una prateria in regressione è presumibile che il popolamento algale sia influenzato dall'ambiente circostante.

Gli aspetti stagionali della struttura della comunità algale sono di scarsa rilevanza a causa della dominanza di talli eretti di alghe brune presenti tutto l'anno. Anche la profondità non sembra aver inciso sulla struttura del popolamento in quanto le tre piramidi presentano 31 specie in comune, più significative in termini di frequenza. Le differenze floristiche rilevate sono prevalentemente dovute ad alghe di piccola taglia rinvenute esclusivamente come epifite e quindi legate anche alla casualità della loro raccolta.

Acknowledgements

The Authors are grateful to Prof. G. Relini, Dr. M. Relini, Dr. G. Torchia for their logistic support and helpful assistance. Thank to Dr. A. Zuanon, Ms. E. Borgese and Ms. L. Ortolano for their effective help in field and laboratory work.

References

- ARDIZZONE G.D., RIGGIO S. (1980) - Similitudine e diversità nelle biocenosi bentoniche del Porto di Palermo in relazione al substrato di insediamento. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, **3**(1): 578-603.
- BALLANTINE F. (1979) - The distribution of algal epiphytes on macrophytes hosts offshore from La Parguera-Puerto Rico. *Bot. Mar.*, **22**: 107-111.
- BATTIATO A., CINELLI F., CORMACI M., FURNARI G., MAZZELLA L. (1982) - Studio preliminare della macroflora epifita della *Posidonia oceanica* (L.) Delile di una prateria di Ischia (Golfo di Napoli). *Naturalista sicil.*, S IV, VI (Suppl.), **1**: 15-27.
- CECERE E., PETROCELLI A., RELINI G., SARACINO O. (1993) - Phytobenthic communities on fouling panels at Loano (Savona-Ligurian Sea). *Oebalia*, **19**: 163-172.
- CINELLI F., SARTONI G. (1969) - *Acrothamnion* J. Ag. (Rhodophyta, Ceramiceae): genere algale nuovo per il Mar Mediterraneo. *Publ. Staz. Zool. Napoli, Ital.*, **37**: 567-574.
- CINELLI F., SARTONI G. (1970) - *Acrothamnion preissii* (Sonder) Wollaston: descrizione del tetrasporofito. *Publ. Staz. Zool. Napoli Ital.*, **38**: 221-222.
- FALACE A., BRESSAN G. (1994) - Some observations on periphyton colonization of artificial substrata in the Gulf of Trieste (North Adriatic Sea). *Bull. Mar. Sci.*, **55**(2-3): 924-931.
- FALACE A., BRESSAN G. (1996a) - Adapting an artificial reef to biological requirement. In: L.E. Hawkins, S. Hutchinson, A. Jensen (eds), "The responses of Marine organisms to their environments". *Pubbl. Southampton Oceanography Center*: 307-311.
- FALACE A., BRESSAN G. (1996b) - Some observations of artificial structures situated in the proximity of underwater pipes off Lignano-Grado (North Adriatic). In: L.E. Hawkins, S. Hutchinson & A. Jensen (eds), "The responses of Marine organisms to their environments". *Pubbl. Southampton Oceanography Center*: 313-318.
- FALACE A., BRESSAN G. (1999a) - Periphyton on artificial substrata. In: A.C. Jensen *et al.* (ed), *Artificial reef in European Seas*. Kluwer Academic Publisher, Great Britain: 435-449.
- FALACE A., BRESSAN G. (1999b) - Quantitative evaluation of algal community on an artificial reef in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Proceedings of the 7th CARAH - Sanremo, Italy. 7-11 October*: 173-178.
- FALACE A., BRESSAN G. (1999c) - Evaluation of an antigrazing net placed on an artificial reef at Loano (Savona-Ligurian Sea) in relation to algal biomass. *Proceedings of the 7th CARAH - Sanremo, Italy. 7-11 October*: 576-581.
- FALACE A., ZUANON A., BRESSAN G. (1998) - Osservazioni preliminari sull'efficienza antigrazing di una rete posta sulla barriera artificiale di Loano (Mar Ligure). *Biol. Mar. Medit.*, **5** (3): 1835-1840.
- NEDELEC H., VERLAQUE M. (1983) - Biologie de *Paracentrotus lividus* (L.) sur substrat rocheux en Corse: alimentation des adultes. *Symbiose*, **15** (4): 221-222.

- ORLANDO M., BRESSAN G. (1998) - Colonizzazione di macroepifiti algali su *Posidonia oceanica* (L.) Delile lungo il litorale sloveno (Golfo di Trieste - Nord Adriatico). *Annales*, **13**: 109-120.
- PISANO E., BIANCHI C.N., RELINI G. (1980) - Insediamento su substrati artificiali lungo la falesia di Portofino (Mar Ligure): metodologie e dati preliminari. *Mem. Biol. Mar e Oceanogr.*, **10**: 269-274.
- RELINI G., RELINI M., TORCHIA G. (1995) - La barriera artificiale di Loano. *Biol. Mar. Medit.*, **2**(1): 21-64.
- SILVA P.C., BASSON P.W., MOE R.L. (1996) - Catalogue of the Benthic Marine Algae of the Indian Ocean. *University of California Press*, **79**: 1259 pp.
- SCAMMACCA B., GIACCONE G., PIZZUTO F., ALONGI G. (1993) - La vegetazione marina di substrato duro nell'Isola di Lampedusa. *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, **26** (341): 85-126.
- THELIN I. (1984) - Nouvelle signalation d'*Acrothamnion preissii* (Sonder) Wollaston sur les côtes françaises de Méditerranée. *Trav. Sci. Parc. Nation. Port-Cros, Fr., Notes Breves*, **10**: 171-172.
- VERLAQUE M. (1983) - Alimentation de juveniles de *Paracentrotus lividus* (L.): préférences alimentaires de l'espèce et impact sur le phytobenthos de substrat rocheux de Corse Méditerranée (France). *Symbioses*, **15** (4): 223-224.

M. OKAMOTO

JAMSTEC 2-15 Natsushima Yokosuka 237-0061, Japan.

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF TWO SUBMERSIBLE PLATFORMS FOR ABALONE CULTIVATION AND ARTIFICIAL REEF

COSTRUZIONE E VALUTAZIONE DI DUE PIATTAFORME SOMMERGIBILI PER LA COLTIVAZIONE DELL'ORECCHIA DI MARE E PER BARRIERE ARTIFICIALI

Abstract

To utilize offshore areas for mariculture, two types of experimental submersible platforms named *Aya* and *Ochan*, have been developed and evaluated. The basic concept of the submersible platform is to cultivate marine species at the depth they would normally live but raise them to the surface for animal husbandry by sliding the maricultural surface of the platform vertically. The two platforms are unpainted, welded steel structures. Both have an artificial sea floor section (*Aya*: 20 × 20 m, *Ochan*: 36.4 × 20 m), a machine shop on the surface and a balance weight suspended beneath it. The artificial sea floor is normally submerged and only the machinery room is afloat. The platforms are loosely moored by chains and anchors. The floor can be raised and lowered easily and operation costs are very low. The paper describes experimental assessment of the platforms for abalone cultivation facility and how they performed as floating artificial reefs.

Key words: submersible platform, abalone, artificial sea floor, mariculture, artificial reef

Introduction

In Iwate Prefecture, abalone (Ezo Awabi, *Haliotis discus hannai*) is one of the economically important marine products. The abalone takes about five years to reach 90 mm in shell length, which is the minimum harvest size. The annual wild harvest of abalone in Iwate Prefecture was more than 1.000 metric tons including shell until early 1970s; the harvest decreased to 200 to 300 tons in the early 1980s (Shibui, 1984).

Despite the release of juvenile abalone produced artificially in inland tanks since 1981, the harvest was between 200 to 300 tons until 1996, then recovered to 500 tons in 1998 (IFTEC, 1999). Several million juvenile abalone were released per year in the early stages of the programme and exceeded eight millions in 2001 (IFTEC, 2001).

The concept of a "submersible abalone culture platform" was developed as a cooperative study between JAMSTEC and Iwate Prefecture Government in October 1989.

The idea was derived from the experimental evaluation of seaweed farm equipment (Okamoto, 1983a, 1983b). The first inshore type submersible platform *Aya* (Marine *Aya* No. 1) was developed and deployed in 16m of water inside the breakwater of Ryouri Minato Bay in December 1990 (Okamoto *et al.*, 1992). Its durability was monitored for eight years by undersea non-destructive inspection (Okamoto *et al.*, 1995; Okamoto, 2000) as well as being evaluated as an abalone cultivation facility. *Aya* is still operated by Ryouri fisheries cooperatives for abalone cultivation. The offshore platform *Ochan* (*Ochan* Marine No. 1) was developed using ideas gained from the *Aya* assessment and was deployed in 40m of water in Funakoshi Bay in February 1996 (Okamoto *et al.*, 1997). It was evaluated as an offshore abalone cultivation facility and artificial reef (Hong *et al.*, 1998), and was recovered in late August 1998 for destructive testing of

the entire structure. Construction and deployment cost for the platforms were 90 million Japanese yen for Aya and 120 million yen for Ochan.

Materials and methods

To evaluate the concept of submersible platform engineering feasibility, abalone culture success and artificial reef function were examined during the sea trials of the two submersible platforms, inshore type Aya and offshore type Ochan.

Technological evaluation of submersible platforms

The basic concept of the submersible platform was to cultivate marine abalone at the depth they would normally live and raise them to the surface for husbandry and harvesting. To achieve this, a mechanism for raising and lowering the platform had to be practical in its use by fishers; easy operational procedure, low operational cost and durability for five years with no maintenance. The submersible platform was an unpainted welded steel structure with an artificial seafloor section (Aya: 20×20 m at 4 m depth, Ochan: 36.4×20 m at 7 m depth), a machine shop above it and a balance weight suspended beneath it (Fig. 1-3). Aluminum alloy anodes were fitted on the underwater part of the platform. The platforms were loosely moored by chains and anchors; Aya: four point mooring at 16 meters water depth, Ochan: two point mooring at 40 meters depth, with only a machinery 'hat' usually above the surface (Fig. 2). The maricultural surface (artificial sea floor) of the platform can be easily surfaced (Fig. 3) by vertically sliding the structures up through the water column using simple water ballast system of main water tank located in the center of sea floor (Aya: 20 m³, Ochan: 30 m³). The diesel generator that powers the discharge water pump in the main water tank consumes one liter of light oil for Aya and one and half liter for Ochan. Submersing is simply conducted by natural flooding of the tank. Payload of each platform was 20 tons which could be managed by four water tanks located at the corner of the floor.

For technological evaluation of Aya, non destructive annual inspection was carried out until 1998 during their operation as experimental and commercial abalone farms.

The first repair work to extend its durability for another five years was completed successfully at the deployed site in 1997. As for the Ochan, same kind of annual inspection as Aya was carried out successfully. Ochan was recovered in August 1998 for destructive testing of the entire structure.

Evaluation as Abalone cultivation facility

Two kinds of experiments were carried out to evaluate the potential of two submersible platforms for abalone cultivation. The first experimental abalone cultivation (inshore experiment) was carried out at the inshore platform Aya comparison with existent two abalone cultivating methods; suspended cage and on-land tank. Then, abalone cultivation at the offshore platform Ochan was examined to determine if the breeding of abalone was possible in open ocean conditions (offshore experiment).

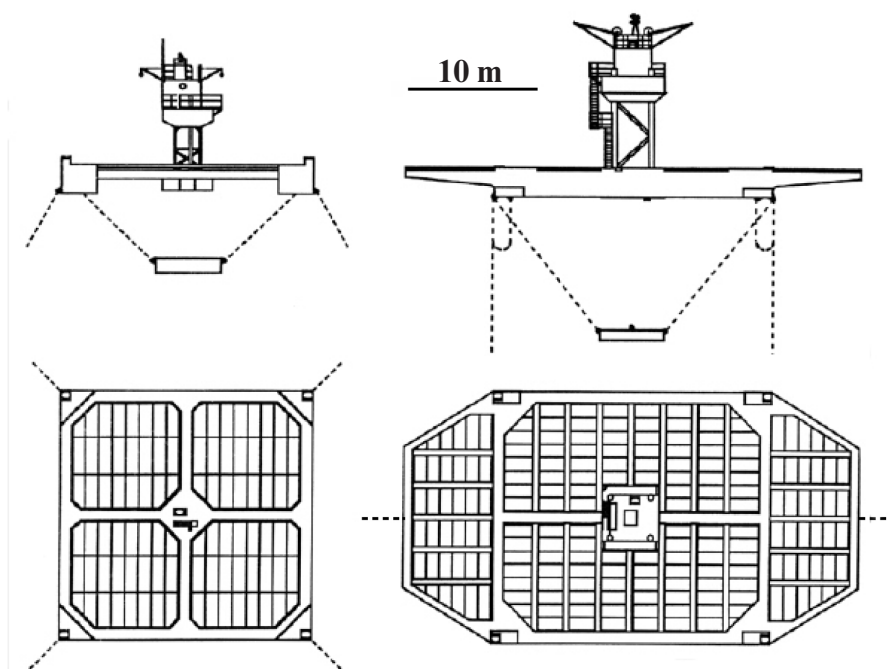


Fig. 1 - Two submersible platforms Left: Inshore type “Marine Aya No.1”, Right: Offshore type “Ochan Marine No.1”.

Due piattaforme sommerse. A sinistra: modello costiero “Marine Aya No.1”, a destra: modello del largo “Ochan Marine No.1”.

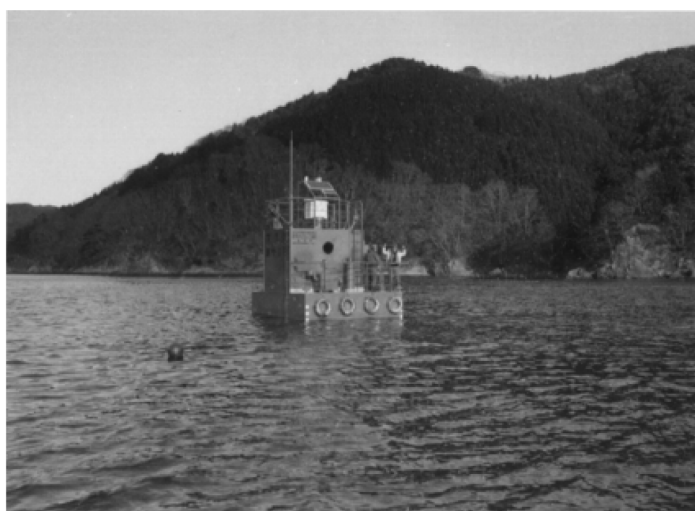


Fig. 2 - Submerged condition of inshore type “Marine Aya No.1”.

Condizioni di immersione del modello costiero “Marine Aya No.1”.

A. Inshore abalone cultivation

Abalone cultivation was carried out for six months between 14 May and 18 November 1991, by three types of breeding method. They were ongrowing net cage attached to submersible platform Aya (Aya-cage), ongrowing net cage suspended from a rope extended at the sea surface (Suspended-cage) and inshore seawater tank (Onland-tank).

Aya-cage ($0,9 \times 0,9 \times 0,45$ m, Fig. 4) had a frame of vinyl-chloride pipe and net around the circumference. The upper net of the cages could be fully open like a purse net, and a shelter for the abalone was fixed in the base. Aya-cage was fixed to the steel frame of the artificial seafloor to make the upper part of the cage above the sea surface when the platform was surfaced. Suspended-cage was suspended 4-6m from the surface. Onland-tank had been used for producing juvenile abalone and on-growing for the market.

For the experiment, 4.970 abalone of three different sizes (S, M, L) were used as shown in Tab. 1; named 30, 45 and 60 mm group. The number of abalone in each cage and tank were adjusted to be 4 kg/m^2 at the end of the experiment. Diet for abalone was Kelp *Laminaria japonica* which was cultivated in the neighborhood of the Aya.

The artificial abalone feed was also used to Aya-cage for comparison with Kelp. Total number of Aya-cages, Suspended-cages and onland tanks were 24, 12 and 3, respectively. At the beginning and end of the experiment, the shell length of all abalone was measured, and total weight of all abalone in each cage and tank was measured. During the experiment, approximately ten percent of the abalone from all cages and tanks was sampled and measured in the same manner once a month.



Fig. 3 - Surfacing condition of offshore type "Ochan Marine No.1".

Condizioni di affioramento del modello del largo "Ochan Marine No.1".

Offshore abalone cultivation

The first abalone feeding experiment using the Ochan was carried out between 3 July and 12 December 1996. The 1.770 abalone, 66 to 70 mm in shell length and 43 to 52 g in body weight were held in seven new steel cages (Ochan-cage, $0,9 \times 0,9 \times 0,9$ m, Fig. 6) and fed kelp. The second abalone feeding experiment took place over the thirteen months between 4 July 1997 and 5 August 1998. The 600 abalone averaging 74,5 mm in shell length and 64,2 g in body weight were contained in four cages with varying densities: 240, 180, 120 and 60 per cage.

The new Ochan-cage was designed for the use with the offshore submersible platform where open ocean conditions existed. The steel bar used for the frame was reinforced by steel angle iron, and the net was made of steel wire. Anodes were used to provide cathodic protection of the aluminum. The vertically connected shelters were designed to allow 40 kg of abalone in one cage. A total of 340 cages could potentially be fixed to the seafloor of the Ochan.

Evaluation as floating artificial reef

As for the effectiveness for artificial reef, an echo sounding survey was carried out to examine the effective distance of fish attraction to "Ochan". The survey was carried out between 21 August and 16 July 1996. Four permanent survey lines 590 to 720 m in length were placed around the platform. The echo sounder (SIMRAD ES 701, 70 kHz) was used at a speed of two knots along the four lines. Data were gathered for twenty-one days during daylight hours. The day/night data for two days was obtained between midnight of the 29th and midnight of the 31st July at approximately six-hour intervals.

Other data came from observations during SCUBA diving, fishing at the platform, and from fish catches from set-net operations near the site.

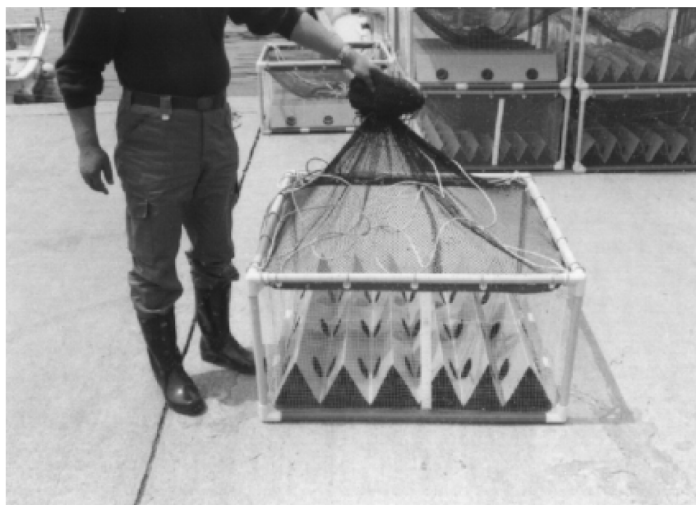


Fig. 4 - Abalone ongrowing cage for inshore type platform (Aya-cage).

Gabbia per la crescita dell'orecchia di mare per il modello di piattaforma costiero (Aya-cage) .

Tab. 1 – Growth and survival rate of abalone during six month inshore breeding.

Tasso di crescita e di sopravvivenza dell'orecchia di mare durante sei mesi di allevamento sotto costa.

Bleeding method	Diet	Size	May 1991			November 1992			Survival rate (%)
			Average shell length (mm)	Average weight (g)	Number of abalone	Average shell length (mm)	Average weight (g)	Number of abalone	
Aya-cage	Kelp	S	33.5	5.6	1,040	50.3	15.1	991	95.3
		M	47.1	18.2	440	66.5	34.2	434	98.6
		L	63.3	35.6	220	78.7	58.6	216	98.2
Aya-cage	Artificial diet	S	33.6	5.5	1,040	52.6	18.8	1,007	96.8
		M	47.3	18.3	440	65.7	40.2	434	98.6
		L	63.2	35.0	220	78.2	65.6	215	97.7
Suspended cage	Kelp	S	33.3	5.6	640	51.6	17.2	613	95.8
		M	46.9	17.9	280	66.2	35.3	276	98.6
		L	63.4	36.1	140	78.8	60.7	134	95.7
Onland tank	Kelp	S	33.5	5.6	330	49.5	14.3	308	93.7
		M	47.0	18.6	120	65.5	35.4	118	98.3
		L	62.9	34.8	60	78.8	60.7	55	91.7

Results

Technological evaluation of facilities

The inshore type platform Aya have been operated more than ten years since December 1990. Machinery problem was not experienced during operation until early 2001. The first repair/maintenance work was conducted in 1997, the major jobs being to replace all aluminum anodes, change the water pump and overhaul the diesel generator. All this work was carried out on-site since almost of the repair could be done above sea surface and within the 3 meters depth. During the work abalone cultivation was continued as usual. Cost for this repair was 4 million Jpy.

Non destructive annual inspection of Aya was carried out eight times, concluding in 1998. The cathodic protection system was monitored in three ways; volume measurement of aluminum anode, cathodic potential measurement and visual inspection of the facility. The facility was confirmed to protected for more than five design years, and all anodes were changed to new ones in 1997. Water ballast tanks and submersible/surfacing system were checked by overhaul, and slight maintenance was carried out in 1997. Four mooring chains were monitored by measuring the distance between two links at twenty permanent monitoring locations. The upper three to seven meters of chains were protected by cathodic system of the facility and no wear was shown. The most damaged links of chain were found just above the seabed, one chain wore at a rate of 0,6mm per year in link diameter. All the inspection and maintenance of the facility except mooring system was easy since it can be conducted while the platform was at the surface.

These data was applied to the design of the offshore type platform Ochan. The designing concept of "Ochan" was as follows; a) ithstand severe weather (designed significant wave condition: 10 m in height, 13 seconds in period); b) reduce the operational cost, c) be able to handle a large payload up to 20 tons; d) reduce the cost of inspection and repairs, e) eliminate the need for painting of the larger surfaces; f) can

be deployed to a depth of 100m, g) simplify the operation (so fishers can carry it out), and h) facilitate deployment and removal work. All these elements were successfully achieved except the deployment water depth. The experimental site was 40m deep to allow precise non-destructive inspection by divers using air SCUBA. As for the Ochan, same kind of annual inspection as Aya was carried out successfully.

Ochan was recovered in late August 1998 for destructive testing of the entire structure, and no technological problem was found.



Fig. 5 - Suspended abalone ongrowing cage (Suspended-cage).

Gabbia sospesa per la crescita dell'orecchia di mare (Suspended-cage).



Fig. 6 - Steel made abalone ongrowing cage for offshore type platform (Ochan-cage).

Gabbia in acciaio per la crescita dell'orecchia di mare per il modello di piattaforma del largo (Ochan-cage).

Abalone cultivation

Inshore experiment

The feeding experiment was carried out for six months between 14 May and 18 November 1991. The results of the growth and survival rate are shown in Fig. 7 and Tab. 1. The growth of the abalone in the three kinds of ongrowing methods were nearly the same and any difference between the kelp and artificial feed in the Aya-cage was not clear. Feeding of Aya-cage and Suspended-cage had stopped prior to the last measurement, which was evident in the last reading of weight. Abalone mortality was less than five percent in Aya-cage and Suspended-cage, and little bit higher in Onland tank. The main cause of death was thought to be the measurement process itself. The abalones were physically removed by force from their attachment sites and even then there was a survival rate of more than 95% at both the submersible platform and hanging cage.

The feeding of kelp for Aya-cage and Suspended-cage was eleven times during six months. Kelp was fed by adding to the remaining kelp in the cage since no definite rot was observed. Feeding for onland tank was approximately two times a month, and rot removal was needed every feeding day. The artificial feed used in the Aya-cage needed feeding and cleaning every three days as the residue of food rotted quickly. The abalone cultivation using Aya-cage was managed by one fisherman. All the maintenance work for 24 cages could be carried out on a stable platform within one hour except surfacing and submersing time. Major work was feeding and cleaning of attached organisms from the net. In the case of the Suspended-cage, maintenance work was conducted from pitching boat and needed approximately fifteen minutes per cage; mooring boat to surface rope where the cage was suspended, lift the cage, feeding, cleaning, sinking to the sea and move the boat to next cage point. Lifting of cage was heavy work even in calm sea, and became dangerous in rough conditions.

Following the experiment commercial abalone culture has been carried out by the fishers, using the Aya with a fisher designed new ongrowing net cage, since 1992.

Growth and survival rates have not been very good, probably due to rough handling and poor management as shown in Fig. 8.

Offshore experiment

a. The first experiment

The first abalone feeding experiment using the Ochan-cage was carried out between 3 July and 12 December 1996. The 1,770 abalone, 66 to 70 mm in shell length and 43 to 52 g in body weight were held in seven cages and six kelp feeds were given over a five month period. The number of abalone decreased over the five months by 97, which resulted in a survival rate of 94.5%. Forty-three dead shells were found in the cage (indicating within cage mortality) with 54 abalone thought to have escaped due to insufficient sealing of the cage. The growth rate was not as good as expected; the results were 70 to 77 mm in shell length and 46 to 57 g in body weight at the end of the experiment.

While various causes for the poor growth were considered, it was judged that the mounting position of the cage for the artificial seafloor was too high. As shown

in Fig. 6, approximately 70% of the cage was located above the surface while in the surface position which caused the food and abalone to dry out.

The durability of the Ochan-cage cage was confirmed by inspection and each cage was found to have a capacity of at least 25kg of abalone. It was also determined that the use of such vertical shelters was possible in open ocean conditions. While the growth was not very good, the survival rate was high.

b. Second experiment

The second open ocean abalone cultivation experiment took place over the thirteen months between 4 July 1997 and 5 August 1998 utilizing Ochan-cage with the offshore platform. The cage was fixed in lower position in order to prevent the food (kelp) from drying as in the previous trial.

At the start of the experiment, 600 abalone averaging 74,5mm in shell length and 64,2g in body weight were contained in four cages with varying densities: 240, 180, 120 and 60 per cage. A total of eighteen feedings was carried out over thirteen months.

The shell length averages increased to 91,1mm and body weight average to 103,2g with a survival rate of 89,3% by the end of the experiment. The growth and survival rate of the abalone for the four cages was nearly the same; therefore, 25 kg per cage could be the minimal ongrowing quantity. The maximum abalone holding capacity of the offshore platform "Ochan" was estimated more than 8.5 metric tones, which included all 340 cages. Market price of live abalone is approximately 6,000 Japanese yen per kilogram, and sometimes rises to 10.000 Jpy.

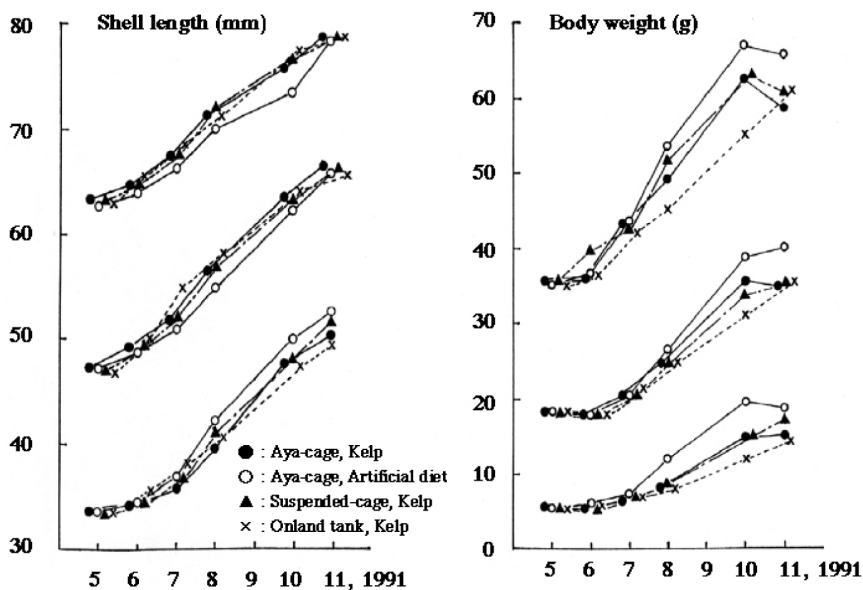


Fig. 7 – Result of inshore abalone breeding experiment for six months between 14 May and 18 November 1991.

Risultati dell'allevamento dell'orecchia di mare sotto costa per sei mesi tra il 14 maggio e il 18 novembre 1991.

Artificial reef study

In the echogram records from the day/night survey, the typical distribution pattern of fish schools in the daytime were seen. Three records of the same survey line during it are shown in Fig. 8 as daytime, sunset and nighttime. The length of the survey line was approximately 700m, the artificial seafloor was at a depth of 7m, the water depth of its deployment was 40m, and the maximum water depth of the survey line was 50m.

In the daytime (Fig. 9, Daytime), a large fish (A, TS: $-38 \sim -42$ dB) was distributed in the deeper side of platform to near the platform. Length of this fish school (A) exceeded more than 300m to the deeper area. A smaller echo of fish (B, $-51,5 \sim -54,5$) was distributed deeper than 25m. This pattern of two kinds of fish schools is usual in another survey records in the daytime. Around sunset large fish concentrated at the bottom around the platform within 270m to the deeper side (Fig. 9, Sunset, A), then dispersed at 10m to the sea bottom over the entire survey line in the nighttime (Fig. 9, Nighttime, A). Smaller echo of fish (B) moved to deeper area in the nighttime. The fish classified as A, formed a school during the day and dispersed at night. These were thought to be mackerel, *Scomber japonicus* ranging from 20 to 25 cm in length. This 'identification' was based on data from fishing at the platform and the catch record from the set-net near the platform and TS (Target strength) of $-38 \sim -42$ dB (Miyanojima *et al.*, 1983). When the platform was brought to the surface, Amphipoda were found dispersed in the circumference and mackerel was observed catching these Amphipoda.

The species of smaller echo (B) is unknown, it had not been attracted to the platform at either day or night. From the results, attractive distance of Ochan for mackerel was known as more than 300m in the daytime.

In the daytime of another survey days, large and dense fish school (TS: $-29 \sim -30,5$ dB) was observed around the platform in a short time as shown in Fig. 10. Fish schools composed of same TS value often appeared in other daytime surveys. These fish was thought not to be 'retained' by the artificial sea floor since size of fish schools varied between every observation day. Data from set net catches and the characteristics of the TS suggested these fish were young yellowtail *Seriola quinqueradiata* weighing approximately 1 kg.



Fig. 8 - Feeding kelp to abalone at inshore type platform "Aya" (Commercially operated).

Nutrimento dell'orecchia di mare con kelp presso la piattaforma costiera "Aya" (Prodotto commercialmente).

Discussion

Technological and operational evaluation of facility

The submersible platforms were developed to use the broad, open space of the sea for mariculture. Previously typical mariculture management and harvest was carried out by using the facilities at the surface. It was necessary to observe the condition of the fishes and abalone frequently in order to feed them equally and effectively. The mariculture facilities, therefore, were deployed inland or in protected water such as a bay to facilitate management. To expand the area of mariculture to open ocean, the facilities had to be designed to withstand the severe conditions, including a typhoon.

Such facilities were not difficult to construct if there are unlimited funds. In aquaculture, however, a reduction in seed, bait, facility maintenance and personnel expenses were necessary in order to reduce the product cost.

To realize the concept, inshore and offshore submersible platforms were developed and evaluated. The solution for most of the issues was simple: kept the platform submerged most of the time. Fortunately the durability of the inshore platform Aya for the five years was proven through non-destructive testing. Additionally, repair work to extend its durability for another five years could be successfully carried out *in situ* with usual abalone cultivation. The offshore platform Ochan also proved its durability by non-destructive and destructive testing. Other important items to evaluate submersible platform were confirmed by ten-year continuous operation of Aya and two-year open sea experiment of Ochan.

Evaluation as abalone cultivation facility

Abalone cultivation has been examined commercially by using two kinds of ongrowing methods, suspending a cage from a rope and an inland seawater tank.

Though costs of facilities for suspending the cage were inexpensive, the labour needed to manage the feeding and cleaning requirements accurately was significant. It was found that mass rearing in suspended cages in the open ocean was not economically feasible since it is heavy and dangerous marine work, even if good results were obtained experimentally. Also, this method is useful for inshore only.

In the case of the inland seawater tank, cost of the equipment and operation were high, but the management was much easier. One consideration in the management was the accessibility of seawater in large quantities. If seawater was not readily available, the success of the inland tank ongrowing would be questionable.

A key point to emerge from the inshore trials was that good rearing and management was possible if it lasted over a long period of time, i.e., one to two years. The inshore abalone cultivation proved that there were no distinct changes in growth and survival rates between the three kinds of cultivation methods; submersible platform (Aya-cage), hanging cage (Suspended-cage), and inland tank (Onland tank).

The submersible platform offered easy and stable maintenance for many ongrowing cages both surfaced and submerged without the need for heavy equipment. It was accepted during the experiment that the artificial seafloor was located in a stable environment and received sufficient water exchange by current and wave action. During the thirteen-month breeding experiment on the offshore platform Ochan, the number of

feedings was eighteen and sufficient cleaning of the organisms and cages was possible with feeding. This illustrated an attractive feature of the submersible platform. Management of the Ochan including feeding, was carried out by one fisher since the quantity of abalone was low. It seemed to be possible to manage ten offshore facilities with two people when all of the artificial seafloor was utilized for abalone cultivation.

The time-related flow of the abalone culture was as follows; a) Seedling production and middle rearing in the inland seawater tank: abalone hatch in the early summer of the first year and grow 30 to 40 mm by the spring of the third year. b). The on-growing in the submersible platform: cultivation starts from the spring of the third year and abalone grow 60 to 70 mm by the spring of the fourth year, then to market size of about 90 mm by the spring of the fifth year.

Evaluation as artificial reef

Effectiveness of the offshore platform Ochan as a floating artificial reef was clearly confirmed by day/night echo sounding survey. Young mackerel of 20 to 25 cm in length were distributed around the submersible platform in the daytime, and dispersed at night in a wide area over 700 m survey line. This pattern was continued during the survey period in the daytime, at least. These mackerel was thought to be 'retained' by the submersible platform in the same manner as artificial reef. As for the attracted distance, more than 300 m in the daytime was confirmed. The yellowtail visiting the platform in a short time was too large to be retained by the platform. This phenomena is thought to support the hypothesis that the presence of visiting fish around an artificial reef depends much on chance factors (Peter, 1980).

Conclusions

Artificial reefs are used as structures when constructing new coastal fishing grounds, and many types have been established in several locations around Japan.

Construction of the artificial reefs have been funded as public enterprise of the Fisheries Agency since 1954 (Hagino, 1991). As the artificial reefs funded had been limited to benthic structures, floating artificial reefs were funded in the same fashion, starting in 1994. The total planned budget of artificial reef program named the 4th Coastal Fishing Ground Construction Program between FY 1994 and FY 2001 was 160 billion Japanese yen. (Budget for public enterprise of Fisheries Agency)

The floating artificial reef consists of a surface or subsurface structure moored to the bottom by rope or coated wire. The construction cost of these floating reefs is high compared to the usual benthic artificial reef. Typical one floating reef settled in around 1,000 meters water depth costs approximately 150 million Japanese yen, and usual benthic artificial reefs cost approximately 7-20 million Japanese yen per 1,000 m³. Volume of benthic artificial reef is calculated as the space surrounded by the framework of it.

For example, one 3 × 3 × 3 m unit made by steel frame is called as 27 m³.

The offshore platform Aya deployed in 40 m over a sandy bottom had a large subsurface structure at 7 m. The size was 20 × 36.4 m and was more than five times larger than the normal floating artificial reef. The submersible platform was confirmed as maricultural device and floating artificial reef. As for the mariculture facility, they proved to be acceptable platforms for abalone for long-term growth. The platform is designed to deploy up to 100 m depth. As this depth is shallower compared to usual

floating artificial reef, the submersible platform was shown to function acceptably as an artificial reef.

Though future development is uncertain, the subsurface artificial seafloor with the surfacing capability was also found to be an effective method for utilizing open sea areas for mariculture.

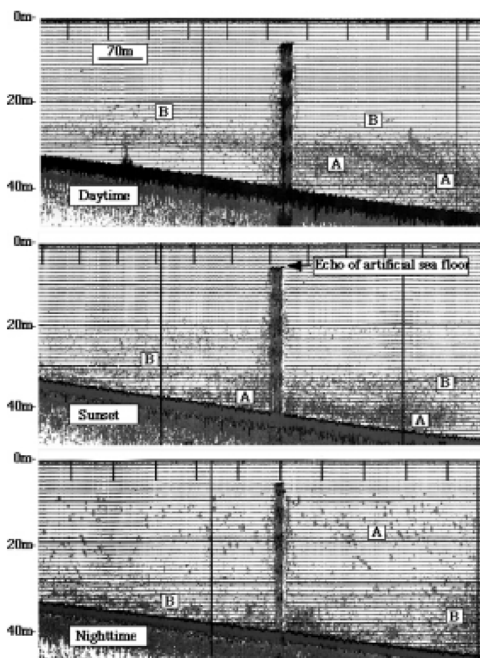


Fig. 9 - Echogram of fish school around Ochan marine during day/night survey in 30th July 1996.

Ecogramma dello sciame di pesci attorno alla piattaforma "Ochan Marine" durante il campionamento giorno/notte del 30 luglio 1996.

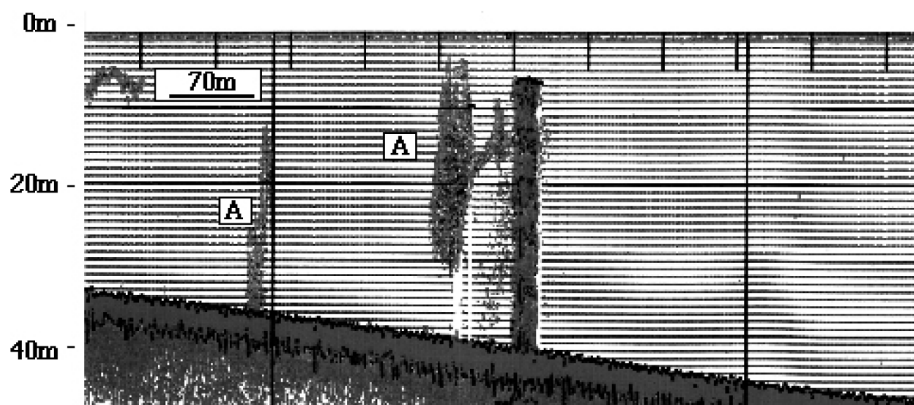


Fig. 10 - Echogram of large and dens fish schools around "Ochan" in daytime of 25th July 1996.

Ecogramma dei grandi e densi banchi di pesci attorno alla piattaforma "Ochan" durante le ore diurne del 25 luglio 1996.

Riassunto

Al fine di utilizzare gli ampi spazi sottomarini per la maricoltura, sono stati sviluppati e valutati due tipi di piattaforme sommergibili sperimentali. Il concetto alla base delle piattaforme sommergibili è quello di allevare specie marine alla loro profondità naturale e manipolarle in superficie grazie ad uno scorrimento verticale della piattaforma. Il modello di piattaforma costiero "Marine Aya No.1" è stato costruito ed inserito in un'area a 16 m di profondità all'interno del frangiflutti nella Baia di Ryouri Minato nel dicembre 1990. Il modello del largo "Ochan Marine No.1" è stato costruito nel febbraio 1996 e posizionato in un'area a 40 m di profondità nella Baia di Funakoshi. Le due piattaforme sono strutture di acciaio saldato per la maggior parte non pitturate. Entrambe consistono di una sezione di fondale marino artificiale (Aya: 20×20 m, Ochan: 36,4×20 m), una sala macchine superiore ed un contrappeso al di sotto. Il fondale marino artificiale è normalmente immerso e solo la sala macchine è galleggiante. Le piattaforme sono ormeggiate per mezzo di catene ed ancore. Il fondale può essere facilmente portato in superficie ed il costo delle operazioni è molto basso. I componenti principali della piattaforma sono progettati per essere utilizzati per cinque anni senza ispezioni di controllo e lavori di manutenzione. Il modello costiero, "Aya" è stato studiato come struttura per l'allevamento dell'orecchia di mare tra l'aprile 1991 e il marzo 1995, ed è utilizzato dalla Cooperativa dei Pescatori di Ryouri per l'allevamento dell'orecchia di mare ancora adesso. Il modello del largo "Ochan" è stato studiato come struttura per l'allevamento dell'orecchia di mare tra il luglio 1996 e l'agosto 1998, tranne il periodo invernale, e quindi riportato a terra per un'ispezione completa dell'intera struttura. Il funzionamento della barriera artificiale "Ochan" è stato analizzato nella stagione estiva del 1996 e del 1997. Sono presentati una descrizione della struttura e i risultati relativi all'allevamento dell'orecchia di mare.

Acknowledgements

This study was conducted as a cooperative research program between JAMSTEC and Iwate Prefectural government. The author would like to express his special thanks to all the staff who supported this study. The author would like to express his great thanks to Dr. Dudley Cresson, Delta P and Dr. Antony Jensen, Southampton Oceanography Center, for his helpful advice and review for all this paper.

References

- SHIBUI T. (1984) - Fluctuation of abalone production and environmental conditions in Iwate Prefecture. *Saibai Gikken.*, **13** (1): 1-20 (in Japanese).
- IFTEC (Iwate Fisheries Technology Center). (1999) - Abalone harvest exceed 500 tons, *Seagull-voice.*, **13**: 2. (in Japanese)
- IFTEC (Iwate Fisheries Technology Center) (2001) - Mariculture of Iwate Prefecture, *Seagull-voice.*, **18**: 2 (in Japanese).
- OKAMOTO M. (1983a) - Diurnal-nocturnal activity of fishes near the artificial seaweeds farm plant (experimental floating reef). *Bull. of the Japanese Society of Scientific Fisheries.*, **49**: 177-182 (in Japanese).
- OKAMOTO M. (1983b) - Studies on the behavioral character of fishes around the artificial seaweeds farm plant. *Bull. of the Japanese Society of Scientific Fisheries.*, **49**: 687-692 (in Japanese).
- OKAMOTO M., TOMITA S., TAKATSU N. (1992) - Development of technology for extensive use of marine space by submersing/surfacing type artificial sea floor. *MTS' 92.*, Washington DC. U.S.A.: 823-829.
- OKAMOTO M., NAGAHAMA O., TAKATSU N. (1995) - Investigation of the Durability of Submersing/Surfacing Fishery Cultivation Facilities "MARINE Aya No.1". *Recent Advances in Marine Science and Technology '94.*, James Cook University. (eds). Townsville. Australia: 653-666.
- OKAMOTO M., SATO T., MORITA S., TAKATSU N. (2000) - Long term monitoring on durability of steel made maricultural facility. *Proceeding of Japanese Fisheries Engineering Conference*: 215-216 (in Japanese).
- OKAMOTO M., TAKATSU N., KOTERAYAMA, W. (1997) - Development of an offshore type submersible platform for mariculture. *Proc. 16th OMAE. Ocean Space Utilization.*, Yokohama. Japan.; **1**: 69-76.
- HONG S., OKAMOTO M., IMAI T., FUWA S. (1998) - Studies on the school behavior of fish around a submerged artificial plant. *Nippon Suissan Gakkai.*, **64**: 966-974 (in Japanese).
- MIYANO HANA Y., ISHII K., FURUSAWA M. (1983) - Dorsal-aspect target strength on five species of fish. *National Fisheries Technology Institute Report.*, **4**: 95-105 (In Japanese).
- HAGINO S. (1991) - Fishing effectiveness of the artificial reef in Japan. *Recent advances in aquatic habitat technology.*, Southern California Edison Company Report 91-RD-19: 119-126.
- PETER S. (1980) - The ecology of fishes on coral reef. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **18**: 367-442.

H. J. CECCALDI

Directeur d'études à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, c.r.,
Centre d'études des ressources animales marines, Faculté des sciences Saint-Jérôme 341,
Avenue Normandie-Niemen - 13397 Marseille cedex 20, France.

**“ARTIFICIAL REEFS” VERSUS “UNDERWATER STRUCTURES
TO ENHANCE ECOLOGY AND FISHERIES”:
AN ATTEMPT OF CLASSIFICATION AND FUTURE WAYS OF RESEARCH.**

***DALLE "BARRIERE ARTIFICIALI" ALLE "STRUTTURE SOTTOMARINE PER
IL MIGLIORAMENTO DELL'ECOLOGIA E DELLA PESCA":
UN TENTATIVO DI CLASSIFICAZIONE E FUTURE LINEE DI RICERCA***

Abstract

Underwater structures installed on the seashore are often named inappropriately "artificial reefs": to enhance marine production and ecological conditions in marine environment, they have to be constructed to maximize growth and survival rates at the different steps of the biological cycle in the species chosen as "target species". Necessarily specialized fields of fundamental and technical research have been newly opened to reach these aims.

Key-words: *underwater structures, ecology, fisheries.*

Introduction

The term "artificial reef" is generally used inappropriately. It perturbs the correct approaches in coastal management. Fishermen for instance react often very negatively toward these artificial structures. Many attempts to immerse various materials lead to bad biological results, even if the aim is to construct "artificial reefs" to gather various aquatic organisms on, inside and around the elements of the "reefs".

It seems necessary to enlighten that situation and to define more precisely the different types of underwater structures and their roles in the aquatic ecosystems.

This presentation wish to clarify some concepts used in the field of "artificial reefs" and aquatic habitats, their evolution and some vocabulary used in that area.

Underwater structures and aquatic habitats

As biologists, ecologists and even as environmental managers, we have to consider in priority the biological cycles of aquatic species, to discover and understand the true needs of the species at each step of their lives, i.e.: eggs production, larval attraction, metamorphosis, larval life, juveniles attraction, habitats and food, adults attraction, habitats and food, genitors habitats and food, then: back to eggs production.

Essential marine habitats are the underwater delimited space where the aquatic organisms accomplish all phases of their biological cycles. *Occasional habitats* are also occupied temporarily by aquatic species. These simple but fundamental concepts reemerged recently, in different countries, curiously by considering the effects of harmful fishing impacts on the essential marine habitats rather than studying the characters of the marine habitats themselves. In U.S.A., the Magnuson-Stevens Fisheries Conser-

vation Act, edited in 1996, protect the habitats of valuable species. In October 1998, all Fisheries Management Councils are required to protect the essential marine habitats. It is time to include in our reflection the concept and the characteristics of aquatic habitats in the design and the creation of artificial reefs.

Revisiting the definitions and the aims of artificial reefs

If we are considering the fundamental sense of “artificial reef”, we have to oppose it to “natural reefs”. That last expression means first of all: submerged and slightly immersed rocks where boats are shipwrecked. It means also the calcareous madreporian constructions fragile, dangerous, where it is easy to be wounded seriously. Incidentally, they are also sharp rocks existing on the sea bottom where the fishermen are tearing or loosing their nets. The general context is close to some very dangerous natural objects.

In the same time, these two natural structures are lodging a large number of aquatic plants and animals. The simultaneity of these two “functions” constitute the origin of the misunderstandings in that domain.

Along the coasts, especially after the realizations constructed under the sea surface in Japan, the scientists and the coastal managers of western countries have used the expression “artificial reefs” for any artificial structures attracting swimming animals around them. Artificial structures have been installed into the sea or at its surface to increase the production of aquatic ecosystems and to protect environment.

That definition exclude the true “artificial reefs”, constructed to prevent to fish, without any relation with marine production. In some other ones, the species are gathered and could be fished more efficiently. For a third type, biological cycles of certain species are well controlled, orienting the production to a better use by mankind.

In the two last cases, “artificial reef” appellation is not valid. They are mainly constructed to attract and gather marine organisms or to modify - to upgrade and improve - ecological conditions of the place where they have been fitted and settled.

Underwater constructions attracting different species of organisms

Generally, the presence and the growth of aquatic organisms are observed by divers, counting fishes and benthic animals fixed on the hard substrate, at different seasons, etc. Then, estimations are elaborated by calculations and computers models.

Several lacks characterise that sort of works. There are very few references to relationships with natural organic production of euphotic zone. Few also on estimation of planktonic alimentary particles or benthic ones by measuring microperiphyton and microphytobenthos. Seldom studied the relationship with temperature variations, recruitment processes, hydrodynamical, physical and chemical factors influencing the colonisation processes (rugosity, chemical composition, microbial films), larval dispersion and habitats selection, particulate food eaten by larval faunas, modification of the sediments composition, characters of populations around the “reefs”, behaviour and nutritional quality of vagile fauna and juveniles of necton and benthos faunas, etc.

Two neglected factors are fundamental: first, the underwater structure is playing a role of a macro-filter toward the particles; then, the production of that structure depend on photosynthesis efficiency and presence of dissolved nutrients.

Corals: Some artificial caves (3,00 m×2,45 m×2,50 m) have been constructed in concrete, and installed in some places at depths of 38 m and 27 m, on the bottom of

Mediterranean Sea, near the Monaco harbour, in order to "cultivate" red coral *Coralium rubrum*, with some success (Allemand *et al.*, 1995).

The biological cycle is not closed: the first steps are small colonies of 3 to 8 cm in length, not planktonic forms before metamorphosis. On another hand, the coral have not been reproduced. But the experiment is of high value, because the natural food production (phytoplankton, alimentary particles) and the quality of sea water were natural. A new ecological niche was mimicked at a lesser depth. That original coastal management producing red coral, the "coralliculture" is considered as a success.

Habitats for target species where larval forms are sometimes controlled

Oysters: Oysters are collected in marine bottoms, where the natural populations are living their whole natural biological cycle. In nature, genitors are found on rocky bottoms, where they are filtering plankton and alimentary particles. After spawning, the larvae, the surviving larvae after a huge mortality, found appropriate supports to fix and metamorphose, in conditions close or similar than the adult forms.

Oysters are also largely cultured in different locations in the world, following different techniques. In each case, when they are cultivated, two types of artificial habitats are used for the species: the first habitat is specialised to produce the larvae thanks to some appropriate habitats. Different types of supports are used: for instance ropes, or tiles covered by slime of chalk, or grooved plastic tubes. The following specialised habitat is very often a bag made of plastic, with large meshes, where the molluscs are enclosed, and where they are catching their food by filtration of phytoplankton. Often, a third habitat is used, when the bag is changed for another one with larger mesh sizes or in suspended baskets.

Artificial habitats eliminates the competitors: other filter feeders are cleaned, and sometimes eliminated by brushing, or by using flames of a blowlamp.

In the great majority of cases, the food is produced by natural processes: it is constituted mainly by natural phytoplankton populations growing in euphotic zone, using nutrients of coastal waters and photosynthesis. Their growth may be ended in suspended baskets (i.e. Etang de Thau, in Mediterranean coasts, near Montpellier, in France) or in special ponds, the "claires" (i.e. those existing in Atlantic coasts, near Marennes-Oleron area, in France), where oysters are filtering unicellular algae.

The whole oysters biological cycle is controlled on artificial structures in natural environment, using only natural food. Larvae produced by hatcheries may be used also.

Habitats for target species where eggs and larval forms are not controlled

Mussels: The species exist in natural populations, where they are dredged by specialised boats; they are exploited along Netherlands coasts (Yerseke, Waddensee).

They are also cultured in various parts of the world. Specialised artificial habitats for larvae are installed undersea to obtain spat, as fine-mesh nets, or ropes suspended or fixed on horizontal cables maintained at the sea surface by buoys. Their metamorphosis occurs there, and their growth begin.

Other artificial habitats were created along the coasts of Normandy: piles of wood are driven in the beaches, (bouchots) in the intertidal zone. They support ropes where the young mussels are fixed by their byssus. Mussels are filtering the phytoplankton living in the sea water reaching the "bouchots" at each tide. Other species who compete

with mussels for the phytoplankton are released by scrubbing.

This other example shows the influence of an artificial structure set up on the sea bottom, who modify the physical structure of its ecological characters and who orient the natural biological cycle of a particular species, the mussel, eating the natural production, to obtain a product useful for mankind.

Marine habitats for the adult phase of species with control of larval forms

Examples are given by sea urchins and abalone culture on artificial sea beds created on the bottom. They are ecologically efficient, using natural algal production.

Urchins: Pluteus in tanks and young urchins on plastic plates are grown in hatchery located on land; after metamorphosis, they are released in appropriate sea floors covered by stones on which macro-algae as *Laminaria* are grown. They are fished after three years by the fishermen.

Abalones: The techniques are almost the same, and abalone larvae are also obtained in hatcheries, dispersed in the sea, and collected after several years.

Scallops: The first step is the culture of the larval to larger forms (2 to 6 cm) in hatcheries. Then they are released on artificial bottoms, at appropriate densities.

In these three cases, the new habitats have been constructed, to mimick some structures existing in nature: plastic plates in hatcheries, surfaces of special stones in the bottom of sea water. The biological cycle is controlled partially, orienting its first part: eggs, larvae, metamorphosis, juveniles, ensuring the recruitment and the fishing.

Habitats for the larval phase of target species

Squids: Numerous species of squids, as neritic forms *Heterololigo bleekeri* or *Photololigo edulis* attach their eggs cases to the undersurfaces of hard substrates, under rock ledges or between large boulders (Natsukari and Tashiro, 1991).

Spawning grounds occur in shallow waters. But if appropriate hard substrates as specialised “artificial reefs” exist at 60-80 m, these species are spawning under them (Matsuyama and Ishida, 1981; Tomiyaka and Kakimoto, 1984).

Nevertheless, the presence of a spawning zone does not constitute a sufficient condition for the development of a squid population. Other conditions are: protection against violent currents, storms and tempests, convenient algal vegetation as presence of *Sargassum*, and availability of food for the very young forms then for the growing phases of these species. The two preceding species are eating copepoda as *Candacia* and *Labidocera* until they reach 15 mm; then, until 50 mm, they are consuming small shrimps and fish fry. After that phase, they are eating shrimps, krill and large copepoda.

At the length of 90 mm, they progressively eat fish and molluscs.

Migrating **fishes:** Growth and exploitation of migrating populations depends on the protection of their spawning grounds, where very often they are also nursing.

Following the different species, they may migrate in other shallow areas; or they may migrate in offshore zones, or they may live in deep waters (Otaki, 1993).

Management of spawning grounds and nursing zones in terms of protection, currents control, photosynthesis, plancton production, quality of available food, etc., will represent the main objective of the ecological betterment of coastal zones. Experimental modifications of bottom, *in situ*, to increase the surface and the quality of the spaw-

ning and nursing grounds by underwater artificial structures are scarce. Cooperations between "reefs" builders and ecological managers are necessary.

New floating objects to attract the adult phases of target species and feed them with compounded diets

Several types of large floating buoys specialized in the distribution of food to sound-conditioned juveniles and adults of certain fishes produced in hatcheries represent a large potential of future development. They are called Free Fish Farming at Sea and they are considered as "floating artificial reefs". Their advantages are evident: growing marine animals in the natural conditions of open sea, possibility to move the systems in order to avoid to pollute the bottoms by non-consumed food pellets, adjustment of the quality of pelleted food to the specific needs of the species at different steps of their growth, control of the genetic strain of animals who are caught by the end of the production, etc. Some studies are actually in progress in France in that field.

These systems, studied by Shimizu Corporation, exist since years in Japan, where they are managed by fishermen cooperatives in Oita Prefecture, with success.

Artificial structures improving underwater conditions of ecology

Japanese companies as Hazama constructed huge underwater assemblages of concrete blocks in order to modify marine currents, to produce local upwellings and to induce distribution of nutrients, especially near the surface, in euphotic zone.

Attempts of a logical classification of "artificial reefs"

Several families of artificial structures have been already constructed:

- 1 - "*true artificial reefs*": static systems to prevent fishermen to fish and above all to trawl; these reefs are not taking any care on the productive and biological processes.
- 2 - "*attractive artificial reefs*": constructed or installed (old boats) to gather aquatic organisms, without direct interest on euphotic biological production, on natural food production, on particles utilisation and production, on effects of surrounding turbulences and sediments, etc. There are several subfamilies into that group:
 - simple concrete structures implanted near the bottom, as cylindric tubes; evolved shelters for some species living on the bottom (lobsters, rock lobsters); evolved shelters to promote the spawning of some species as cuttlefish; concrete stacked structures, more or less complex, attracting various fishes; steel structures of various height, up to 35 meters, becoming very complex, where effects of depth and turbulences are used to gather certain species of fishes;
 - mid-water immersed plateaus where fish populations are living;
 - large floating buoys attracting fishes who are living underneath (FAD);
- 3- "*productive artificial reefs or artificial structures*": (or: from attraction to production) constructed to take profit of natural biological production, mainly through phytoplankton and benthic algae. There are sub-families into that group:
 - ropes and strings for algae as "*nori*" *Porphyra tenera*; ropes and wood piles for mussels; tiles for post larval oysters, plastic bags, baskets and pools for oysters;
 - fields of stones implanted on the bottom for the growth of sea urchins;
 - artificial caves for red corals.

Other sub-families may exist also, depending if the larvae are produced in hatcheries or not, as for the case for sea urchins and abalones.

In these last cases, there are reconstitution of a "semi-natural" ecosystems.

4 - “*artificial structures distributing special food to feed specific species of fishes*”: they are not numerous, but they seem to be more evolved and one of the more efficient possibilities to compensate the future needs of the market demand for natural foods. Among the most promising are the “Free Fish Farming at Sea”, a new mean to manage the aquatic areas, because the fry production is controlled qualitatively and quantitatively, as well as the food composition and the effects on the natural medium. Several very interesting other types more experimental exist also.

In these cases, there are construction of artificial ecosystems. Management of these structures may be done by fishermen or by specialised technicians, and their stocking and restocking helped by hatcheries, making a strong link between aquaculture and fisheries in natural environment (Ceccaldi, 1998).

Future ways of research

- 1) - Research on oceanographical characters of artificial habitats:
 - temperature, currents and turbulence of water, nutrient contents and light intensity inside the zone concerned by the artificial structures immersed;
 - flux of particulate material entering into the artificial structures, mainly under the form of edible material, transported by currents from the euphotic zone
 - flux of energy retained on the artificial structure, depending mainly on the photo-synthetic production of benthic macroalgae and microphytobenthos;
 - flux of particles produced by organisms living inside and around “reefs”;
 - effects of the immersed structures on the seafloor sediments, and on the populations living at the surface and into these sediments (Champalbert *et al*, 1992)
 - different ways of harvesting the resources accurately adapted to the topology and the volume of the immersed structures, by fishermen or not.
- 2) - Research concerning the chemical characters of artificial habitats:
 - chemical composition of the interface solid structure-water;
 - role of the chemical families of “reefs” surfaces and compatibility with the adhesive organs of larvae, juveniles and adults of the chosen species;
 - chemical composition of the artificial structures themselves, in terms of classical or of new families of chemical products, including recycled products (Delort, 1999), in order to construct the structures as economically as possible;
- 3) - Research concerning the physical characters of artificial habitats:
 - macro-physical characters concerning their stability on the floor, their behaviour toward currents and turbulences;
 - architecture, complexity, strenght and solidity of the artificial structures;
 - micro-physical characters concerning the quality of the surfaces in terms of rugosity, porosity, wettability, i.e. surface metrology;
- 4) - Research concerning the biological characters of artificial habitats:
 - detailed studies of the biological cycles of the different target species chosen, mainly in terms of growth, food and behaviour (Ceccaldi, 1996);
 - flux of biochemical informations received and emitted by different organisms living in the artificial structures, mainly under the form of dissolved attractants and repellants, and by turbulences;
 - seasonal variations of the biomass fixed and living near the structures, as well as their seasonal chemical and biochemical composition;
 - detailed identification of the different species living inside and around the underwater artificial constructions, at the different levels of the substructures, especially the vagile fauna, copepods, mysids, at each step of their biological cycles.

Conclusions

We have to cease to think on the "artificial reefs" only in terms of man-made structures attracting some species at their adult form, to be caught more easily. We have to consider these structures in straight connexion with the biological cycle of identified species. We have to integrate these activities in straight connexion with aquaculture techniques, specially for the obtention of larvae and production of the young forms. Future exploitation of the coastal environment depends of that research.

We have to differentiate definitely the two concepts of "*artificial reefs*" made to reduce overfishing, on one hand, and other various "*man-made structures installed on the underwater environment or at its surface to enhance aquatic production*". They will succeed only if they follow strict rules: *biology* of some species, at different phases of their biological cycles; *functions of the ecosystems* present in the geographic site, and their equilibriums with the global ecosystem; *hydroclimats*, as the underwater currents and the quality of waters; *economy*, to catch a number of chosen organisms compatible with the market; *sociology* of fishermen who have not to loose abruptly their employment, but have to adapt to learn new way of exploitation of aquatic world.

Detailed analysis of the ecosystems and the food chains seems an indispensable prerequisite, and the only way to manage really the natural environment. If the ecological situation is correctly analysed, and if the artificial structures are correctly constructed, the systems will be more productive than the natural environment.

Riassunto

Il termine "barriera artificiale" è generalmente inappropriato e conduce ad un approccio obsoleto e confuso della gestione della costa. Le "barriere artificiali" sono spesso costruite di calcestruzzo, sul fondale marino, dove numerosi organismi marini si radunano, sulla superficie, all'interno ed attorno agli elementi della "barriera".

Sembra inutile sistemare questi blocchi di calcestruzzo sul fondo del mare, con forme più o meno complesse, come è stato fatto da anni, senza sapere se sono realmente adattati almeno ai differenti stadi del ciclo biologico delle specie che vivono all'interno o attorno a queste strutture.

Molto spesso, le "barriere" sono localizzate troppo in profondità per essere davvero produttive, e utilizzano le particelle prodotte dalle acque superficiali come fonte di cibo per le associazioni di organismi che vivono in stretta connessione con le "barriere artificiali".

Un approccio più vantaggioso è il confronto con le colture di mitili od ostriche in reste, su pali di legno, in bacini piatti o su funi sospese o fissate su cavi orizzontali. Altri esempi sono forniti dagli allevamenti di ricci di mare o di orecchie di mare su fondi artificiali sistemati sul fondale, che sono ecologicamente molto più efficienti: utilizzano l'energia solare tramite la produzione algale.

Diverse tipologie di strutture artificiali sono state costruite:

- modificazioni del fondale marino tramite l'immersione di mucchi di pietre;
- strutture di calcestruzzo abbastanza semplici immerse vicino al fondale;
- strutture molto alte, più di 30 metri, molto complesse;
- piani sommersi a mezz'acqua su cui vivono popolazioni di pesci;
- grandi boe galleggianti che attraggono i pesci che vi vivono attorno;
- molti altri interessanti modelli molto più sperimentali.

La gestione di queste strutture può essere fatta dai pescatori o da tecnici specializzati, e la loro produzione e ripopolamento, può essere aiutata dagli schiuditori a terra, costituendo un forte legame tra acquacoltura e pesca in ambiente naturale.

I futuri filoni di ricerca riguardano le variazioni degli habitat nel tempo e nello spazio:

- flusso di materiale che entra nelle strutture, soprattutto come materia particolata dalla zona eufotica superficiale, trasportata dalle correnti e come particelle prodotte dagli organismi viventi all'interno ed attorno;
- flusso di energia ricevuta dalla struttura, dipendente soprattutto dalla produzione fotosintetica delle alghe bentoniche e del fitoplancton;
- flusso di informazioni ricevute ed emesse dalla struttura, soprattutto sotto forma di attrattori e repellenti disciolti, e dalle turbolenze;
- variazioni stagionali della biomassa sessile vivente vicino alla struttura, così come la loro composizione chimica e biochimica stagionale;

- identificazione dettagliata delle diverse specie viventi dentro ed attorno alla costruzione artificiale sottomarina, ai diversi livelli di sottostrutture, specialmente la fauna vagile, in ogni stadio del loro ciclo biologico;
- effetti delle strutture immerse sui sedimenti del fondale e sulle popolazioni che vivono sulla superficie e all'interno dei sedimenti stessi;
- differenti modi per sfruttare le risorse accuratamente adattati alla tipologia ed al volume delle strutture immerse, da parte dei pescatori o no.

Lo sfruttamento futuro dell'ambiente costiero dipende da queste ricerche.

References

- ALLEMAND D., DEBERNARTH E., GILLES P., OUNAIS N., THERON D., THEVENIN T. (1995) - In: EGC (ed), *La réserve a corail rouge*: 121-130. XX Ans au Service de la Nature, Assoc. Monégasque Protect. Nature, Monaco: 210 pp.
- CECCALDI H.J. (1996) - Une artificialisation écologique et raisonnée du littoral. In: *Fragile Méditerranée*, Edisud, (ed). Aix-en-Provence: 124-127.
- CECCALDI H.J. (1998) Recent evolution and progress of aquaculture in France. *Suisanzoshoku*, **46** (3): 433-445.
- CHAMPALBERT G., MACQUART-MOULIN C., HOWELL B. (1992) - Influence of sediment on settlement of larvae and juvenile sole (*Solea solea*) in laboratory conditions. *Mar. Behav. Physiol.*, **21**: 255-276.
- DELORT E. (1999) - *Contribution à l'étude du déterminisme de la fixation des peuplements marins sur des structures artificielles immergées: côte méditerranéenne française et côte pacifique japonaise*. These Univ. Aix-Marseille III et E.P.H.E: 76 pp.
- MATSUYAMA Y., ISHIDA K. (1984) - On the attachment of spear squid eggs cases attached to man-made structures (in Japanese). *Rep. Shimane Pref. Fish. Exper. Stn.*, **3**: 26-30.
- NATSUKARI Y., TASHIRO M. (1991) - Neritic squid resources and cuttlefish in Japan. *Mar. Behav. Physiol.*, **18**: 149-226.
- OTAKI H. (1993) - Demersal Fish Resources in the East China and Yellow Seas. *Mar. Behav. Physiol.*, **22**: 195-269.
- TOMIYOKA N., KAKIMOTO K. (1984) - Ecology and propagation of the spear squid (in Japanese). *Saibai*, **31**: 20-26.

E. BAQUEIRO-CARDENAS, J. HERNÁNDEZ*, J. ALDANA*

Centro Regional de Investigación Pesquera, Instituto Nacional de La Pesca, A.p. 587, Campeche, Camp.
24000, Mexico. Tel: (981) 6 2 00 77, E-mail: erikbaca@hotmail.com

*Secretaria de Pesca, Calle 10 s/n, San Roman - Campeche - Camp. 24030, México.

OILACTIVITYANDARTIFICIALREEFSPROGRAMINCAMPECHE,MEXICO

ATTIVITÀ PETROLIFERA E PROGRAMMA BARRIERE ARTIFICIALI A CAMPECHE, MESSICO

Abstract

Oil exploitation from the sea bed started in Mexico 40 years ago with the Santa Ana field off the coast of Tabasco state, followed by the fields of the Campeche Bank, where 70% of Mexican oil is actually extracted. Prior to oil activity, fisheries in particular the shrimp fishery were the main economic activity. To promote coastal fisheries, the government of Campeche started an artificial reef program on the year of 1986, with the creation of the first artificial reef with 25 discarded shrimping boats, which had an immediate positive impact on coastal fin fisheries with a 10 fold increase in production at the community of Seybaplaya. A second artificial reef was created with an oil exploration barge that was damaged during hurricane Gilbert. On the barge reef one year after sinking nine fish assemblages were identified with 23 species of fishes, three by fishes in transit and five of resident species. While the benthic colonization was characterized by four different assemblages with 21 dominant species of 10 zoological groups. Its impact on commercial catches at the Champoton port is presented, with advances of construction of the three additional reefs.

Key-words: *Oil exploitation, Penaeus duorarum, Mexico.*

Introduction

Oil exploitation from the sea bed started in Mexico 40 years ago with the Santa Ana field off the coast of Tabasco state, followed by the fields of the Campeche Bank, where 70% of Mexican oil is actually extracted. Prior to the oil activity, fisheries in particular the shrimp fishery were the main economic activity. Some of them were severely impacted by the closure of fishing areas to trollers, with a decline in production of the pink shrimp *Penaeus duorarum* from 3.843 tons landed at Carmen port in the year 1973, to 1.937 tons in 1985. Meanwhile line fishing had a bloom, in particular sport fishing.

To promote coastal fisheries, the government of Campeche created an artificial reef on the year of 1986, with 25 discarded shrimping boats, which had an immediate positive impact on coastal fish fisheries with a 10 fold increase in production at the community of Seybaplaya (Baquero and Méndez, 1994).

Given the impact on catches, fishermen started to build their own artificial reefs, named "pesqueros", with any discarded material that would come in hand, and with mangrove and any coastal vegetation, littering the sea bottom. This provoked disputes among fishermen themselves for torn nets, disputes for areas, fishing on someone else's reef, etc., and the deforestation of coastal mangroves.

These situations motivated the government of the state of Campeche, to create an artificial reef program to set order on the development of artificial reefs. The objectives of the programs are: 1) The increase of coastal artisanal fisheries, by improvement of

coastal productivity and fishing efficiency; 2) Prevent the loss of fishermen lives, by ensuring a catch within one to two hours from their landing ports; 3) To promote areas for sport fishing and underwater activities; 4) Stop the spread of pesqueros through the sea bed without knowing their position, materials used and stability to withstand storms and 6) To halt the deforestation of mangroves.

Nakamura (1991) mentions three basic applications for artificial habitats, improvement for aquaculture, creation and expansion of fishing grounds and restoration and conservation of coastal quality. To which Stone *et al.*, (1991) add its use for the management of fisheries, disposal and recycling of materials and promotion of sport fisheries and diving activities.

When oil industry works on the seabed causes a serious impact on fisheries, which are displaced from traditional fishing grounds, and later affected by discarded materials on the seabed. These have originated claims for millions of dollars on restoration of damage, not counting those caused by accidental or intentional spills (GESAMP, 1990). The international law demands that structures placed on the sea bed must be removed or cut bellow 30m, and a positioning system established. The estimated cost of removal of existing oil platforms on the Gulf of Mexico is of 2037 million dollars.

It has been shown that oilrigs become artificial habitats that enhance productivity in otherwise deserted sea bottoms, allowing for the development of new commercial fisheries and sport activities. Therefore before the removal of disused structures, their application as artificial habitats for fisheries or diving activities should be evaluated (Reggio, 1989).

Artificial reef location areas

In order to accomplish the main objective of the program, to facilitate the access of fishermen to fishing grounds, six localities were established within two to six hours sail from the main landing ports of the state of Campeche (Fig. 1).

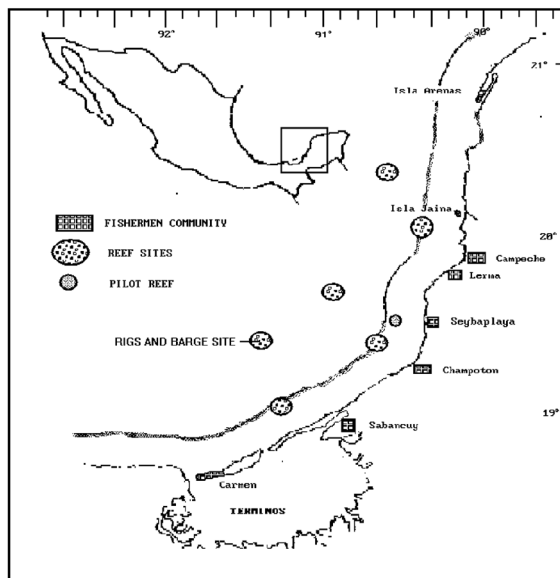


Fig. 1 - Proposed location for artificial reef construction.

Località proposta per la costruzione di una barriera artificiale.

Advances and strives

The first impediment in the acceptance of the project came from shrimp fishermen who complained of the damage on their nets caused by the “pesqueros”. Therefore they had to be convinced that the program was actually seeking to prevent those, by creating areas located on the charts and marked with permanent buoying. Secondhand were the environmental authorities, which due to their ignorance on the topic, rejected the project first hand, until they were convinced of their benefits.

Materials and transportation are the main cost when building an artificial reef. Transportation would be the same for any type of material, therefore when choosing the materials, their durability and stability have to be considered. Materials of disposal are the cheapest. Tires represent a disposal problem on land, and are virtually permanent in the marine environment, with the proper mooring, they have been successfully used on the construction of artificial reefs (Dewit *et al.*, 1989). Unfortunately, heavy metals and aromatic oil by-products have been shown to leak under extreme pH conditions (Radian Corp., 1989). Conditions that are present in the sediments and tissue fluids of encrusting animals (Turekian, 1968; Wheeler *et al.*, 1981), generating the possibility of incorporation into the trophic chain, therefore the use of tires was discarded, until a conclusive study shows otherwise.

Oil activity has generated an intense activity of ships and barges, which occasionally suffer accidents and sink, forming artificial reefs that most of the times remain on the sight. As the productive life of the first wells comes to an end, the platforms have to be dismantled, some materials are recycled, and some are dumped into the sea.

During hurricane Gilbert, an exploration barge sank in high traffic area, therefore it had to be removed, providing the first donation of an oil company to the artificial reef program of Campeche. It was placed on the outer location of Champoton, bringing new opportunity to fishermen.

The success of this reef convinced PEMEX to donate the material to be discarded from three platforms being dismantled for three artificial reefs on the same location.

Impact of the artificial reef the Barge on commercial catches

An inquiry to fishermen who work regularly on the artificial reefs has shown that the main activity is from march to June, with a mean catch per trip of 924 kg, with an average of four trips to each reef during the season, with two boats working during one or two days. An estimate of 20 fishermen groups makes regular use of the reef La Barcaza.

There are two types of fishing activities: fishermen who lay gill nets on the vicinity of the reef and diving with harpoons. Gill nets are aimed at pelagic fishes like barracuda, rudderfish and jack, and diving is directed either to schools which are surrounded with a purse like net and captured with harpoons by free divers. Jewfish, gray snappers, and groupers are caught from their dwelling with harpoons by free or hookah divers. Barracuda make the largest catch with 134 kg per trip, with a mean of 14 species caught during every trip. Fig. 2 presents the main 14 species caught and their mean catch per trip.

Catches from the ports of Sabancuy, Champoton and Seybaplaya, localities who's fishermen make regular use of the artificial reefs, have increased an average of 30,55%

from an annual mean of 4,8 thousand tons a year to 6,3 thousand tons a year. Not all catches have increased, over 44% of all species reported have decreased. Tab. 1 presents the scientific and common names in Spanish and English of all species caught and Tab. 2 shows the annual mean catch for the years 1990 to 1995, previous to the placement of the barge as an artificial reef, and from 1996 to 1998.

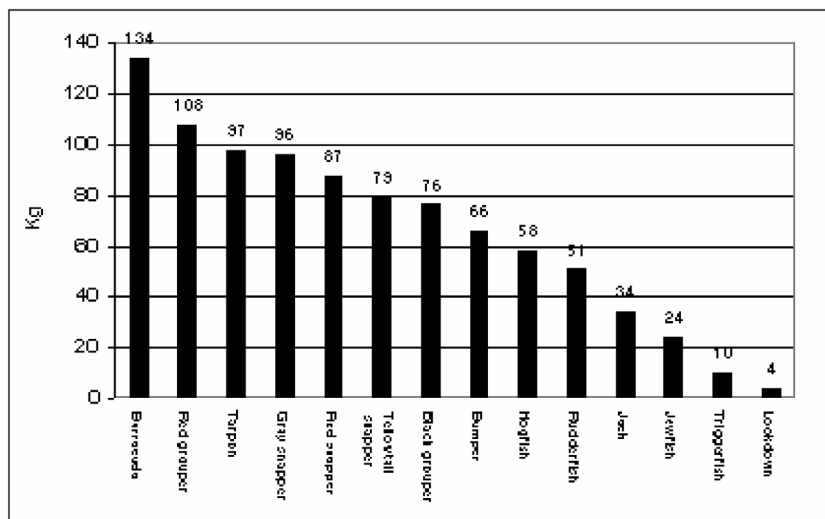


Fig. 2 - Average catch per trip to the Barcaza reef.

Catture medie per escursione alla barriera di Barcaza.

Biotic evaluation of the Barge two years after sinking

A direct evaluation by divers with video threw a total of 23 species of fish, which can be classified by their position within the barge. On the first dive, six months after placement of the reef, 15 species were seen, 18 species six months later and 23 after two years.

Eight groups were identified within and around the barge:

1. Schools of *Megalops atlanticus* and *Chloroscombrus chrysurus* swimming around and over the barge.
2. Schools of *Sphyrnaea barracuda* of two to 40 fishes swimming among the upper barge structure, cranes and cables.
3. Mixed schools of *Lutjanus campechanus*, *Anisotremus virginicus* and *Ocyurus chrysurus* swimming among the lower barge structures
4. Single *Seriola zonaa* and *Caranx* sp swimming around and over the barge.
5. Juveniles of *Lutjanus campechanus*, *Anisotremus virginicus* and *Ocyurus chrysurus* swimming among the lower barge structures.
6. Pairs of *Epinephelus itajara* in store rooms and dark places.
7. Juveniles of *Mycteroperca bonaci* and *Anisotremus virginicus* in small holes and among large sponges and colonies of hydroids.
8. Blenids and gobids were among the latter colonizers of the reef, among benthic communities of sponges and hydroids.

Tab. 1 - Common and scientific names in Spanish and English of commercial fish from the localities of Champoton, Seybaplaya and Sabancuy, Campeche, Mexico.

Nomi comuni e scientifici in spagnolo ed in inglese delle specie di pesci commerciali di Champoton, Seybaplaya e Sabancuy, Campeche, Messico.

Nombre común	Common name	Scientific name
Abadejo	Black grouper	<i>Mycteroperca rubra</i>
Armado	Pigfish	<i>Orthopristis chrysopterus</i>
Bala	Spotted eagle ray	<i>Aetobatus narinari</i>
Bandera, bagre o chuy	Gafftopsail catfish	<i>Bagre marinus</i>
Besugo	Vermillion snapper	<i>Rhomboplites aurorubens</i>
Bonito	Little tunny	<i>Sarda sarda</i>
Boquinete	Hogfish	<i>Lachnolaimus mximus</i>
Cabrilla	Coney	<i>Cephalopholis sp</i>
Canané o rubia	Yellowtail snaper	<i>Ocyurus chrysurus</i>
Carito o Peto	King mackerel	<i>Scomberomorus caballa</i>
Cazón	Atlantic sharpnose shark	<i>Phizoprionodon sp.</i>
Cintilla	Cutlassfish	<i>Trichiurus lepturus</i>
Cochinita	Triggerfish	<i>Pseudobalistes sp</i>
Cojinuda	Blue runner	<i>Caranx crysos</i>
Corcobado o Papelillo	Lookdown	<i>Selene vomer</i>
Coronado	Bumper	<i>Chloroscombrus chrysurus</i>
Corvina	Silver perch	<i>Bairdiella sp</i>
Chak-chi	Buestriped grunt	<i>Haemulon sciurus</i>
Cherna	Jewfish	<i>Epinephelus itajara</i>
Chopa	Rudderfish	<i>Kyphosus incisor</i>
Esmedregal	Rudderfish	<i>Seriola zonaa</i>
Gallo	Spanish hogfish	<i>Bodianus rufus</i>
Gata	Nurse shark	<i>Ginglymostoma cirratum</i>
Gurrubata	Silver perch	<i>Bairdiella sp.</i>
Huachinango	Red snapper	<i>Lutjanus campechanus</i>
Jaquetón	Blacktip shark	<i>Carcharhinus limbatus</i>
Jurel	Jack	<i>Caranx sp</i>
Macabi	Ladyfish	<i>Elops sp.</i>
Mero	Red grouper	<i>Epinephelus morio</i>
Mojarra blanca	Irish pompano	<i>Diapterus olisthostomus</i>
Mojarra pinta	Striped mojarra	<i>Eugerres plumier</i>
Mojarra prieta	Grunt	<i>Haemulon scudderii</i>
Molpich	Silver jenny	<i>Eucinostomus guia</i>
Negrillo	Black grouper	<i>Mycteroperca bonaci</i>
Palometa	Pompano	<i>Trachinotus carolinus</i>
Pámpano	Pompano	<i>Trachinotus glaucus</i>
Pargo	Gray snapper	<i>Lutjanus griseus</i>
Payaso o postá	Porkfish	<i>Anisotremus virginicus</i>
Peje rey o cubera	Snap makerel	<i>Pomatomus saltatrix</i>
Picuda o barracuda	Barracuda	<i>Sphyrnaea barracuda</i>
Robalo	Machin	<i>Centropomus poeyi</i>
Ronco	Bairdiella	<i>Bairdiella icstia</i>
Sabalo	Tarpon	<i>Megalops atlanticus</i>
Sargo	Sheepshead	<i>Archosargus probatocephalus</i>
Sierra	Spanish mackerel	<i>Scomberomorus maculatus</i>
Tambor o coruco	Black drum	<i>Pogonias cromis</i>

Tab. 2 - Annual mean catch in Kg for the years 1990 to 1995, previous to the placement of the barge as an artificial reef, and from 1996 to 1998, after the construction of the reef. With total variation and percent of variation.

Catture medie annuali in Kg per gli anni dal 1990 al 1995, precedenti al posizionamento della chiatte come barriera artificiale, e dal 1996 al 1998, dopo la costruzione della barriera. Con variazione totale e percentuale.

	91-95	96-98	VARIATION	% OF VAR.
Black drum	661245.35	935466.74	274221.39	141.47
Silver perch	71941.29	159744.50	87803.22	122.05
Machin	101041.00	184702.36	83661.36	82.80
Blue runner	363909.07	435199.48	71290.41	19.59
Buestriped grunt	160637.00	224944.83	64307.83	40.03
Sppoted eagle ray	124323.79	180647.33	56323.54	68.82
Silver perch	28319.90	59781.93	31462.03	111.10
Pompano	13624.18	40975.67	27351.48	200.76
Sheepshead	62.33	20780.82	20718.48	33238.21
Blacktip shark	0.00	20587.35	20587.35	100.00
Gafftopsail catfish	75784.19	86827.90	11043.71	87.28
Rudderfish	9372.79	15795.24	6422.46	68.52
Ladyfish	381.38	4644.57	4263.20	1117.85
Silver jenny	2703.62	6371.95	3668.33	135.68
Yellowtail snapper	1416.43	4844.68	3428.25	29.24
Vermillon snapper	57.86	2373.92	2316.06	4003.07
Pompano	4293.93	6549.21	2255.28	52.52
Bairdiella	0.00	1364.50	1364.50	100.00
Coney	111.60	1193.99	1082.39	969.88
Triggerfish	402.00	1425.56	1023.56	254.62
Spanish mackerel	861.80	1662.19	800.39	92.87
Bumper	411.67	768.44	356.78	86.67
Black grouper	213.22	529.42	316.20	148.29
Rudderfihs	90.92	288.35	197.43	217.15
Snap makerel	2.80	195.75	192.95	6891.07
Spanish hogfihs	4.80	21.58	16.78	349.65
Black grouper	722.17	325.15	-397.01	-54.98
Striped mojarra	1622.00	249.00	-1373.00	-84.65
Grunt	4345.83	2304.31	-2041.52	-46.98
Jewfish	6252.86	1775.13	-4477.73	-71.61
Little tunny	16391.64	10303.69	-6087.95	-37.14
Nurse shark	8705.67	2616.48	-6089.19	-69.95
Shark	20428.00	12121.98	-8306.02	-40.66
Tarpon	17389.57	8590.18	-8799.39	-50.60
Lookdown	12008.64	1689.97	-10318.66	-85.93
Pigfish	43782.00	31601.72	-12180.28	-27.82

Tab. 3 - Dominant macrobenthos one year after sinking of the artificial reef La Barcaza.
Macrobenthos dominante un anno dopo l'immersione della barriera artificiale La Barcaza.

COMMON NAME		POSITION
COELENTERATA		
1. SEA FEATHER	BRIOZOA	VERTICAL STRUCTURES
2. BUSH CORAL	<i>CABERIA ELLISII</i>	PIPES AND CABLES
3. CORAL	<i>MUSSA ANGULOSA</i>	VERTICAL STRUCTURES
4. ANEMONE	<i>TRIBU THENARIA</i>	ALL STRUCTURES
PORIFERA		
3. WHITE ENCRUSTING	<i>ASTER SP.</i>	SHELLS OF BIVALVES
4. RED ENCRUSTING	<i>RENIERA SP.</i>	ALL STRUCTURES
5. ORANGE ENCRUSTING	<i>RENIERA SP.</i>	ALL STRUCTURES
6. PURPLE DACTILIFORME	<i>HALICODRIA SP.</i>	ALL STRUCTURES
ECHINODERMA		
9. SEA CUCUMBER	<i>MESOTHURIA INTESTINALIS</i>	HORIZONTAL SURFACES
10. BROWN SEA CUCUMBER	<i>ASTICHOPUS MULTIFIDUS</i>	HORIZONTAL SURFACES
11. WHITE SEA CUCUMBER	<i>ACTINOPYGIA AGASSIZII</i>	HORIZONTAL SURFACES
12. RED SEA URCHIN	<i>ECHINOMETRA SUBANGULARIS</i>	HORIZONTAL SURFACES
CRUSTACEA		
13. SPIDER CRAB	<i>ROCHINIA SP</i>	SPONGES COLONIES
14. RED PEA CRAB	<i>PLANES MINUTUS</i>	HYDROZOA COLONIES
MOLLUSCA		
15. MOTHER OF PEARL	<i>PINCTADA IMBRICATA</i>	PIPES AND CABLES
16. WING SHELL	<i>PTERIA COLYMBUS</i>	CABLES
17. OYSTER	<i>OSTREA EQUESTRIS</i>	VERTICAL STRUCTURES
18. STAIRCASE SHELL	<i>CERITHIUM LUTOSUM</i>	CONCAVITIES
19. CANOE SHELL	<i>BULLA STRIATA</i>	CONCAVITIES
TUNICATA		
20. SEA SQUIRT	<i>BOTRYLLUS SPP</i>	ANY SURFACE
21. SEA SQUIRT	<i>AMAROUCIUM SP</i>	ANY SURFACE

LOCATION	DEPTH (FATHOMS)	SEDIMENTS	DISTANCE TO CHAMPOTON (N. M.)	BEARING	DISTANCE TO CAMPECHE (N. M.)	BEARING	DISTANCE TO SABANCUY (N. M.)	BEARING
19° 21' 00" N 91° 19' 00" O	10	SANDY SILT	34.121	270°	50.500	236°	22.375	240°
19° 27' 00" N 91° 17' 00" O	11	SANDY SILT	32.625	281°	45.750	241°	27.625	348°
19° 32' 00" N 91° 16' 00" O	12	SANDY SILT	34.000	289°	43.500	247°	32.375	250°
19° 36' 32" N 91° 21' 06" O	15	FINE SAND AND SHELLS	38.875	293°	45.625	254°	37.250	345°
19° 38' 38" N 91° 03' 76" O	9	COARSE SAND AND CORAL	26.500	111°	79.750	249°	38.750	009°

All exposed surfaces presented some kind of encrusting organisms (Tab. 3). The most conspicuous are sponges and hydrozoas, which make up colonies up to 30 cm in diameter. But the presence of *Pinctada imbricata*, *Pteria columbus* of commercial size on most wires and hanging lines calls the attention to the potential use for the development of aquaculture. Three types of benthic communities have been established:

1. On horizontal surfaces detritus from vertical surfaces and sedimentation, with macro and micro algae. The animal community is dominated by holothurians: *Mesothura intestinalis*, *Astichopus multifidus* and *Actiopygia agassizii*; and the gastropod *Bulla striata*.
2. On vertical surfaces, bioensambles of *Ostrea equestris*, with sponges, hydrozoa and macro algae. Small crabs, Crystal stars and Blenids find shelter among these.
3. On wires and cables, *Pinctada imbricata* and *Pteria colymbus*.

Rigs dismantling and construction of reefs

Santa Ana oil camp started operation on July 3, 1959. It is located 2.5 to 3 km from the coastline. The last well operated until 1983. Negotiations for permits for the dismantling were started in June, 1995, which were granted August, 1995. In June 1998 after negotiations with the Government of Campeche, and with the required permits from the Secretaries of Environment, Marine Forces and Transportation the permits to use the jacks from eight platforms was granted for the construction of five reef locations. But ought to the cost of transportation only the material of five rigs was used for the construction of three reefs.

Only the submerged part of the rigs were used for the construction of the reefs. Fifteen meter sections of jacks were cut, which were placed sidewise on their location, three to five jacks per locality were used. Tab. 4 presents the location, site characteristics and distance to main fishing ports of Campeche.

Conclusions

The high cost of transportation, even when there is abundance of adequate material for the construction of artificial reefs, has been the limiting factor for the development of the planned reef system of Campeche. Only with the joint action of the Federal and State governments, and resourceful agencies like PEMEX, it will be possible to develop the full reef system, to support local fishermen from all ports of the state.

The usefulness of artificial reefs for the enhancement of coastal fisheries through the protection of juvenile stages of commercial species and improvement of the marine environment with habitats, which are scarce on the area, has been demonstrated with the barge reef. Presenting also opportunities for new activities in the area, as sport diving and fishing.

Riassunto

L'estrazione di petrolio dal fondo del mare è cominciata 40 anni fa con il campo di Santa Ana, vicino alla costa dello stato di Tabasco, seguito dal campo di Campeche Bank, da cui è attualmente estratto il 70% del petrolio messicano. Prima dell'attività petrolifera la pesca, in particolare la pesca dei gamberi, era la principale attività economica. Alcune di queste pesche sono state severamente danneggiate dalla chiusura delle aree di pesca, con un declino nella produzione del gambero rosa *Penaeus duorarum* da 3.843 tonnellate nel 1973 a 1.937 tonnellate nel 1985. Contemporaneamente è aumentata la pesca con la lenza, in particolare la pesca sportiva.

Per sostenere la pesca costiera, il Governo di Campeche ha iniziato un programma di barriere artificiali nell'anno 1996, con la creazione della prima barriera artificiale utilizzando 25 barche da gamberi dismesse, che hanno

avuto subito un impatto positivo sulla pesca costiera che è aumentata 10 volte presso la comunità di Seybaplaya. Sono state selezionate tre aree per la creazione di barriere artificiali in base alla distanza dai principali porti per la pesca, alle caratteristiche del fondale, alla profondità e alle correnti. Tuttavia, gli elevati costi di trasporto e costruzione dei moduli per le barriere artificiali ha limitato il loro sviluppo ai materiali disponibili.

Una seconda barriera artificiale è stata creata con una chiatta da esplorazione petrolifera che è stata danneggiata durante l'uragano Gilbert. La chiatta è stata donata dalla compagnia petrolifera e rimessa in acqua in una località selezionata che è diventata il principale punto di pesca commerciale con la lenza e con il tramaglio per i pescatori provenienti da Champoton. Quando il periodo produttivo delle piattaforme petrolifere termina, queste devono essere rimosse, creando una disponibilità di materiale per le barriere artificiali. A sostegno della pesca costiera, Petroleos Mexicanos PEMEX ha donato il materiale di sette piattaforme, che sono state smantellate per creare cinque aree di barriera artificiale all'interno del programma di barriere dello stato di Campeche.

Sulla barriera formata dalla chiatta un anno dopo l'immersione, sono state identificate nove associazioni di pesci con 23 specie, tre di pesci di passaggio e cinque di specie residenti. Invece la colonizzazione bentonica era caratterizzata da 4 diverse associazioni con 21 specie dominanti di 10 gruppi zoologici. È qui presentato l'impatto delle barriere sulle catture commerciali nel porto di Champoton, con proposte sulla costruzione delle cinque nuove barriere artificiali.

Acknowledgements

The authors wish to express their gratitude to the Government of the State of Campeche, Mexico and to PEMEX, Petroleos Mexicanos for their support and financial assistance.

Special recognition to Dr. Antony Jensen for his through review of the manuscript.

References

- DEWITT O.M., MYATT E.N., FIGLEY W.K. (1989) - New Jersey tire reef stability study. *Bull. Mar. Sci.* **44** (2): 807-817.
- GESAM (1980) - *The state of the marine environment*. Blakwell Sc. Pub. Oxford, UK: 146 pp.
- RADIAN CORP. (1989) - A report on the RMA TCLP assessment project. *Technical report for the Rubber Manufacturers Association*.
- REGGIO C.V. Jr. (1987) - *Petroleum structures as artificial reefs: A compendium*. U. S. Dept. Int. OCS study MMS 89-0021: 176 pp.
- TUREKIAN K.K. (1968) - Some aspects of the geochemistry of marine sediments. In: Pettersson H. (ed) *Geochemistry of Marine Sediments*, Univ. Chicago Press. **16**: 81-127.
- WHEELER A.P., GEORGE J.W., EVANS C.A. (1981) - Control of calcium carbonate nucleation and crystal growth by soluble matrix of oyster shell. *Science*, **212**: 1397-1398.

H. KAKIMOTO, K. KATAYAMA¹, M. TAHARA¹, M. NODA², K. TSUMURA³

Coastal Fisheries Development Association, 4-5 Yoshimi-ryuoumachi Shimonoseki-city 759-6522 Japan.

¹Kaiyou Kensetsu Co., 1-6-12 Ohbatake Kurashiki-city 711-0924 Japan. Tel & fax 0832-86-2152.

²National Fisheries Univ., 2-7-1 Nagata-honmachi Shimonoseki-city 759-6533 Japan.

³Hokkaido Tokai Univ., 1-1-1 5-jo Minamisawa Minamiku Sapporo-city 005-8601 Japan.

FUNCTIONS OF ARTIFICIAL REEFS AND THE CREATION OF THE SHELL NURSERY

FUNZIONI DELLE BARRIERE ARTIFICIALI E REAZIONE DI NURSERY, CON GUSCI DI CONCHIGLIE

Abstract

Based on observations of the prey-predator relationships within reefs it can be said that the presence of reefs and seaweed enhance the chances of survival for marine life on the lower end of the food chain. Smaller organisms, which are often prey due to their being slower and lower on the food chain, can take advantage of the reef by hiding in its shadows or in nooks and crannies inside the reef. Reefs enhance the survival rate of marine animals in the juvenile stage by making it possible to both hasten growth and check predation.

As a result of investigation, structures, called "shell nurseries", have been developed that have these functions. The "shell nursery" has many narrow and complex openings and spaces. "Shell nursery" test piece structures were checked over a two-year period and both the species and the amount of marine life adhering to and dwelling in the structures were investigated. It was found that the "shell nurseries" had more seaweed, polychaeta, amphipoda, and decapoda than the concrete test pieces. There was also an increase in the number of fish gathering in the reef area.

Key-words: artificial habitat, functions of artificial reef, habitats, nursery, shell.

Introduction

The maintenance of marine life is important for securing human food sources. The functions of artificial reefs have been studied with regard to the fish living in them. Using these results, structures have been developed which increase the presence of marine life. By use of underwater television, gill nets, echo-sounder, submarine and SCUBA diving, the behavior of fish gathered in and around artificial reefs was observed. Their stomach contents were also examined to establish diet.

The function of artificial reefs

Seaweed, shellfish such as oysters and blue mussels, and many other organisms soon become attached to submerged reefs. Along with fouling organisms, amphipoda, polychaeta and decapoda became established around the reefs. In 1-2 years the total amount of such life on and around the reef stabilized.

At all 50 artificial reefs in coastal areas of Niigata Prefecture, copepods and mysidae swarm in the currents around the reefs (Fig. 1). These copepods are an excellent food source for horse mackerel (*Trachurus japonicus*) (Temminck et Schlegel), red sea bream (*Pagrus major*) (Temminck et Schlegel) and rockfish (*Sebastes inermis*) (Cuvier). Yellowtails (*Seriola quinqueradiata*) (Temminck et Schlegel) came to the reef to feed on young horse mackerel and other juvenile fish. Clear predator-prey relationships can be recognized within the artificial reef community (Kakimoto and Ohkubo, 1985).

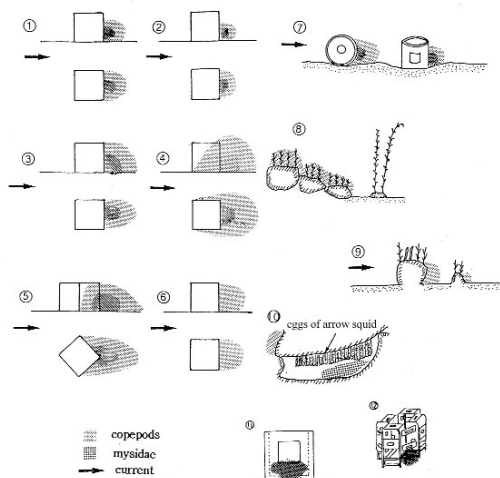


Fig. 1 - Copepods (*Acartia clausi*) and misidasia (*Proneomysis fusca*) swarmed at the sheltered place of the artificial reefs under the current.

Copepodi (Acartia clausi) e misidiacei (Proneomysis fusca) che sciamano verso la zona riparata della barriera artificiale sotto corrente.

By examining the stomach contents of fish living within an artificial reef, it was confirmed that within the reef there were many organisms that were suitable prey for fish. In this way the trophic level was seen to stretch from plankton and benthos to larger animals, with smaller animals being eaten by larger animals, thus forming a food chain. The relationships between prey and predator account for the number of fish in and around artificial reefs (Kakimoto, 1993).

Using a submarine it was observed that organisms, which are often prey, can take advantage of the reef by hiding in its shadows and nooks and crannies and thus avoid being eaten by predators.

Experiments were carried out using aquatic tanks and aquariums equipped with reefs and seaweed to throw light on the relationships between prey and predator, survival rates and artificial reefs. The survival rates of prey were higher in areas around the reef. Such trends remained constant in spite of changes in the species acting as prey and predator (Fig. 2). Based on these results it can be said that artificial reefs and seaweed have the function of providing and enhancing shelter for small animals (Kakimoto *et al.*, 1995) (Kakimoto *et al.*, 1993).

Knifejaws (*Oplegnathus faciatius*) (Temminck et Schlegel) and rudder fish (*Girella punctata*) (Gray) were placed into both artificial reef type and non-reef aquariums. They were raised with equal amounts of food and then checked to compare their average growth. In the case of knifejaws no big differences in length were observed, but in the artificial reef aquarium there was a noticeable increase in weight. This difference was observed around the beginning of winter when the water temperatures began to drop.

When measuring and comparing rudder fish growth, again, no big differences in length were observed, but in the artificial reef aquarium there was a noticeable increase in weight. This difference was observed in mid-summer when the water temperatures were rising dramatically (Fig. 3, Fig. 4).

Based on these observations it can be said that fish in the artificial reef aquariums swim quietly around the reef while fish in the non-reef aquariums have no hiding place and must swim very aggressively displaying constant tension. This causes them to burn up a great deal of energy (Kakimoto *et al.*, 1995). It can be said, therefore that shelter is a very important factor in fish growth and development, and that this factor increases in importance when the environmental conditions are poor.

Observation confirmed that artificial reefs can be instrumental in assisting spawning for spear squid, black rockfish, greenling and octopus. It can also be said artificial reefs effectively function not only as a spawning ground, but also as shelter and a feeding ground, and that many life forms will gather at reefs in order to take advantage of these benefits (Ohkubo and Kakimoto, 1991).

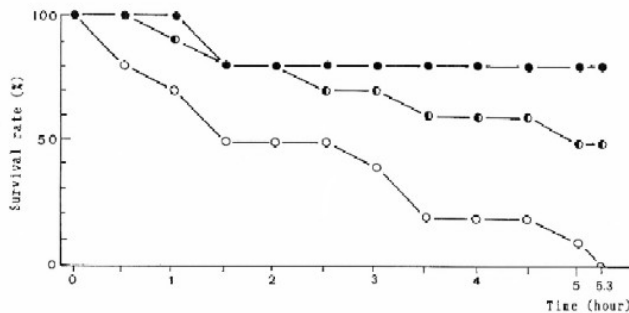


Fig. 2 - Time change in the survival rate of the prey (*Girella punctata*) attacked by the predator (*Pseudoblennius percoides*). Open circles: control experiment (without reefs). Solid circles: complex reef setting. Semi-open circles: Simple reef setting.

Variatione temporale del tasso di sopravvivenza della preda (*Girella punctata*) attaccata dal predatore (*Pseudoblennius percoides*). Cerchi vuoti: esperimento di controllo (senza barriera). Cerchi pieni: ambiente di barriera complesso. Cerchi semi-vuoti: ambiente di barriera semplice.

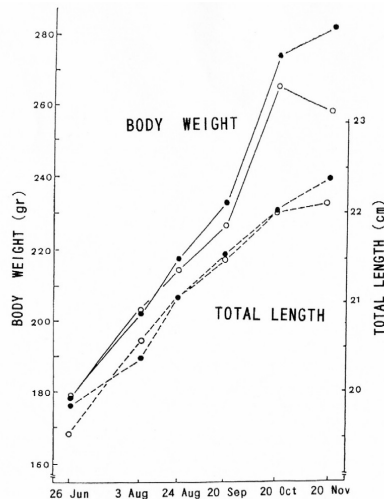


Fig. 3 - Growth comparison of *Oplegnathus fasciatus* reared in aquariums either having or not having artificial reefs. Solid circle: with artificial reefs. Open circle: without artificial reefs.

Confronto nella crescita di *Oplegnathus fasciatus* allevato in acquario con o senza barriera artificiale. Cerchi pieni: con barriera artificiale. Cerchi vuoti: senza barriera artificiale.

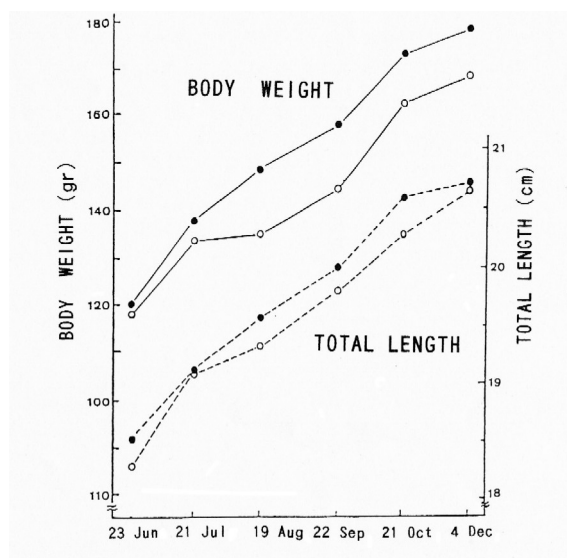


Fig. 4 - Growth comparison of *Girella punctata* reared in aquariums either having or not having artificial reefs. Solid circle: with artificial reefs. Open circle: without artificial reefs.

Confronto nella crescita di Girella punctata allevato in acquario con o senza barriera artificiale. Cerchi pieni: con barriera artificiale. Cerchi vuoti: senza barriera artificiale.

Creation of the “shell nursery”

Reefs provide vital functions for various fish. Based on our findings that reefs provide vital functions for various fish, juvenile organisms, which are often depleted at an increasing rate as they reach maturity, were targeted. The “shell nursery” was designed as a suitable shelter for such organisms, which were targeted to be a food source.

Materials and methods

The “shell nursery” structures are made out of hollow 2,0×2,5 cm mesh tubes, 15 cm in diameter and 1 m in length. These are packed with shells and assembled into panels. The panels are then attached to frames of steel or concrete to form cube like structures (Fig. 5, Fig. 6). For use in experiments, shorter tubes (30 cm. instead of 1 m) were packed with either crushed stone, oyster shells, pearl oyster shells, or scallop shells. Concrete test pieces of the same dimensions were also used.

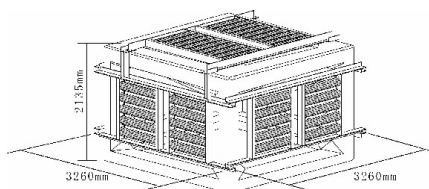


Fig. 5 - Illustration of shell nursery.

Illustrazione di nursery di conchiglie.

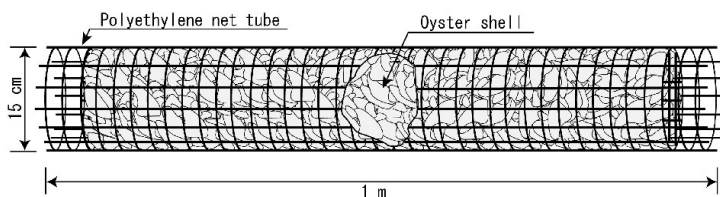


Fig. 6 - Illustration of substrata of shell nursery. Polyethylene net tube ($2,0 \times 2,5$ cm mesh, 15 cm in diameter, 1 m in length).

Illustrazione del substrato di una nursery di conchiglie. Tubi di rete di polietilene (maglia: $2,0 \times 2,5$ cm, diametro 15 cm, lunghezza 1 m).

The test pieces were attached to artificial reefs placed at three different locations under water at depths of 19 m or less in the Seto Inland Sea in Kurashiki City, Okayama Prefecture, in February, 1996 (Fig. 7). These stations were then monitored over a two-year period and the variety and amount of fouling organisms and biota gathering at the reef were investigated.

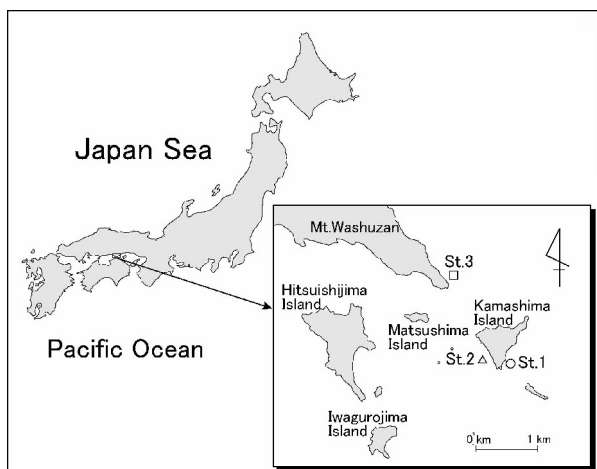


Fig. 7 - A map of the general area in which the experimental reefs were located.

○ : Station one. △ : Station two. □ : Station three.

Mappa generale dell'area nella quale sono state immerse le barriere sperimentali.

○ : Stazione uno. △ : Stazione due. □ : Stazione tre.

Results

The number of species that became attached to the test pieces or sheltered in the small openings of the test pieces increased over an 8-month period and then stabilized.

In most cases, a greater number of species (30) gathered around the test pieces made of oyster shells (Fig. 8). Polychaeta, amphipoda, and decapoda were especially prevalent in the test pieces made of oyster shells, and much less prevalent at the test

pieces made of concrete. Depending on the season, the settlement of sargassum could be observed on the test pieces, more on the shell nursery pieces than on the concrete cylinders. This is probably due to the entanglement of the seaweed roots in the polyethylene resin net, making the roots less likely to break free.

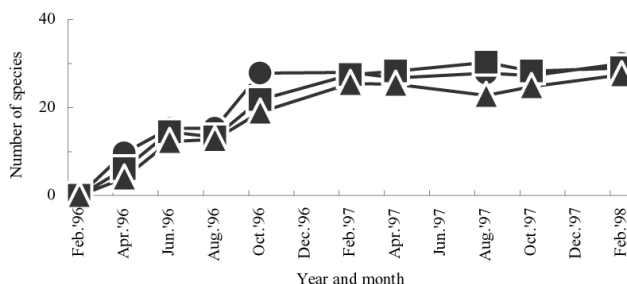


Fig. 8 - Average monthly change in the number of species attached to or dwelling in three different test pieces for all three test stations.

Substrata (Test piece):

- : Polyethylene net tube containing oyster shells.
- : Polyethylene net tube containing crushed stones.
- ▲ : Concrete cylinder.

Variazione media mensile nel numero di specie adese o viventi in tre differenti zone test per le tre stazioni.

Substrato (zone test):

- : Tubi di rete di polietilene contenenti gusci di ostriche.
- : Tubi di rete di polietilene contenenti sassi frantumati.
- ▲ : Cilindro di calcestruzzo.

A comparison of the number of animals attached to the test pieces or moving within the small openings of the test pieces showed that after two years, the test pieces made of oyster shells had the highest level (5330,0) in terms of number and variety, while the concrete pieces had the lowest level (2934,3) (Fig. 9).

A comparison of the total wet weight of all animals attached to and occupying the small open spaces of the test pieces showed that after two years, wet weight biomass was greater in the case of test pieces made out of oyster shells (120,1 g) than in the case of concrete test pieces (21,1 g). Test pieces made out of crushed stone had a middle value (74,7 g) (Fig. 10).

At one of the three test stations test pieces made of either pearl oyster or scallop shells were included in the research. The results showed that after two years, pearl oyster shells, which are similar to oyster shells in shape and size, displayed about the same levels of total wet weight (106,61 g) as the oyster shell test pieces (114,34 g). Concrete test pieces had low wet weight levels (5,56 g), while test pieces made out of scallop shells showed mostly middle levels (64,2 g). After two years, high levels of total wet weight were observed on crushed stones (106,08 g), though mostly medium levels were observed (Fig. 11).

It was confirmed that juvenile fish such as hinge-beak shrimp (*Rhynchocimetus uritai*) (Kubo), juvenile octopus and sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) (Selenka 1867), young scorpion fish (*Sebastiscus marmoratus*) (Cuvier) and red-spotted grouper

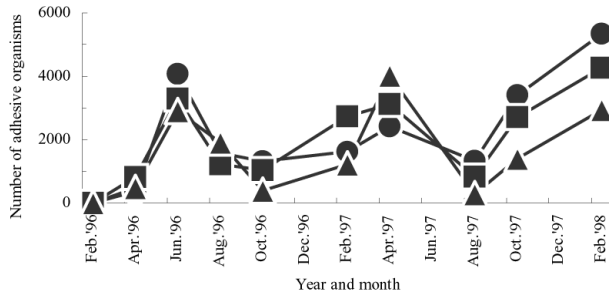


Fig. 9 - Average monthly change in the number of animals attached to or dwelling in three different test pieces for all three stations.

Substrata (Test piece):

- : Polyethylene net tube containing oyster shells.
- : Polyethylene net tube containing crushed stones.
- ▲ : Concrete cylinder.

Variazione media mensile nel numero di individui adesi o viventi in tre differenti zone test per le tre stazioni.

Substrato (zone test):

- : Tubi di rete di polietilene contenenti gusci di ostriche.
- : Tubi di rete di polietilene contenenti sassi frantumati.
- ▲ : Cilindro di calcestruzzo.

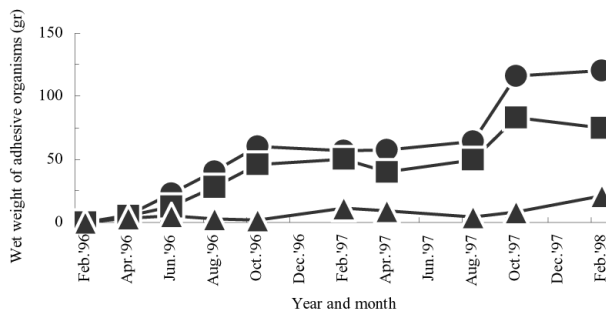


Fig. 10 - Average monthly change in wet weight of animals attached to or dwelling in three different test pieces for all three stations.

Substrata (Test piece):

- : Polyethylene net tube containing oyster shells.
- : Polyethylene net tube containing crushed stones.
- ▲ : Concrete cylinder.

Variazione media mensile nel peso umido degli individui adesi o viventi in tre differenti zone test per le tre stazioni.

Substrato (zone test):

- : Tubi di rete di polietilene contenenti gusci di ostriche.
- : Tubi di rete di polietilene contenenti sassi frantumati.
- ▲ : Cilindro di calcestruzzo.

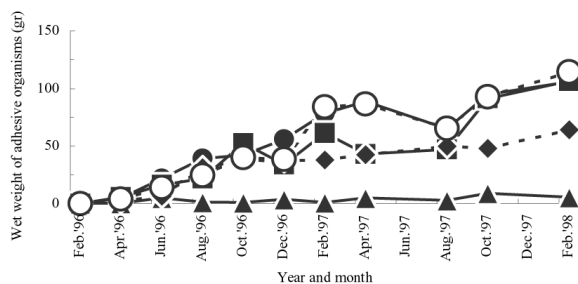


Fig. 11 - Monthly change in wet weight of animals attached to or dwelling in five different test pieces at a single test station.

Substrata (Test piece):

- : Polyethylene net tube containing oyster shells.
- : Polyethylene net tube containing pearl oyster shells.
- ◆ : Polyethylene net tube containing scallop shells.
- : Polyethylene net tube containing crushed stones.
- ▲ : Concrete cylinder.

Variazione mensile nel peso umido degli animali adesi o viventi in cinque differenti zone test in una singola stazione.

Substrato (zone test):

- : Tubi di rete di polietilene contenenti gusci di ostriche.
- : Tubi di rete di polietilene contenenti gusci di ostriche madreperlate.
- ◆ : Tubi di rete di polietilene contenenti gusci di vongole.
- : Tubi di rete di polietilene contenenti sassi frantumati.
- ▲ : Cilindro di calcestruzzo.

(*Epinephelus akaara*) (Temminck et Schlegel) sought shelter at artificial reefs with “shell nursery” tubes made of oyster shells, which shows that the reef functions as a shelter. Bamboo leaf wrasse (*Pseudolabrus japonicus*) (Houttuyn), filefishes and such came to feed on animals that had attached themselves to the reef, which shows that the reef functions as a feeding ground. It was also confirmed that greenling and broad muntle squid (*Sepioteuthis lessoniana*) (Lesson) used the reef for a spawning ground. The biomass of fish gathering at the reef was observed to increase over a two-year period (37,21 kg) (Fig. 12).

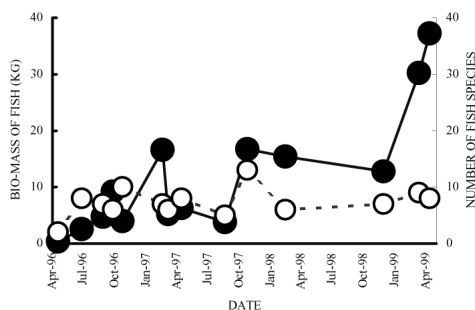


Fig. 12 - Monthly change in the number of fish species (open circle), biomass of fish (solid circle).

Variazione mensile nel numero di specie di pesci (cerchi vuoti), nella biomassa dei pesci (cerchi pieni).

Discussion

The literature includes some studies which are about the fish gathering at the reefs.

This current study breaks new ground in that it is chiefly concerned with the structure and composition of the reef and how this relates to the growth of food organisms.

These food organisms are the main factor in fish gathering at the reef. The “shell nursery” reef is a completely new structure which is able to supply shelter, food, and spawning ground. It was found that the “shell nursery” reefs showed an increase in small attached organisms as food organisms. There was also an increase in the number of fish gathering at the reef.

The most obvious explanation as to why “shell nursery” reefs showed such effective results as nurseries was that many adequately narrow and complex spaces were formed among the sea shells and the surfaces of the reef material.

To develop more effective structures as habitat for marine life, the ideal shape and the volume of these empty spaces for maximum growth of food organisms has to be studied and quantified more rigorously.

In addition, the eco-system at the artificial reef provides an excellent place to investigate more closely the exact nature of these complex food chain relationships.

Conclusions

We could confirm that reefs with “shell nurseries” were more effective habitat for juvenile fish and the organisms they feed on than were concrete cylinders. Reefs incorporating “shell nurseries” may enhance the survival of juvenile marine animals, both hastening growth and reducing predation.

Riassunto

Poiché il mantenimento e il miglioramento della vita marina è un problema importante per il genere umano, siamo stati incaricati di sviluppare barriere artificiali a questo proposito. Facendo osservazioni nelle comunità degli animali marini che vivono all'interno di barriere artificiali, è stato possibile evidenziare chiaramente le relazioni preda-predatore. Basandoci sulle osservazioni delle relazioni preda-predatore nelle barriere è stato possibile dire che la presenza di barriere e alghe aumenta le possibilità di sopravvivenza per gli organismi dei primi anelli della catena alimentare. Le forme di vita più piccole, che sono spesso predate essendo più lente e in basso nella catena alimentare, possono trarre vantaggio dalla barriera nascondendosi nella sua ombra o in spazi aperti dentro di essa. Le barriere migliorano il tasso di sopravvivenza degli animali marini nello stadio giovanile sia accelerando la crescita sia controllando la diminuzione nel numero. Come risultato di queste indagini, abbiamo sviluppato strutture che hanno queste funzioni. Le abbiamo chiamate nursery di gusci di conchiglie. Le strutture sono fatte da tubi di rete di polietilene con maglia 20×25 mm con un diametro di 15 cm e lunghezza di un metro. Questi sono quindi riempiti di gusci di ostriche e assemblati in pannelli. I pannelli sono attaccati a una struttura di acciaio o calcestruzzo per formare una struttura cubica. Piccoli tratti di nursery di conchiglie con tubi lunghi solo 30 cm sono stati usati sperimentalmente come test. I tubi sono stati riempiti con conchiglie sia di ostriche sia di pettinidi. I pezzi-test di nursery di conchiglie sono stati immersi nell'oceano assieme a pezzi-test di calcestruzzo. Queste strutture sono state controllate regolarmente durante un periodo di due anni. E' stato visto che le nursery di conchiglie avevano molte più alghe, policheti, anfipodi e decapodi (che sono tutti una buona fonte di cibo per piccoli pesci) rispetto ai moduli-test di calcestruzzo. Si è verificato inoltre un aumento nel numero di pesci che si riunivano attorno alla barriera. La nursery di conchiglie è fatta per essere moderatamente stretta e avere molte e complesse aperture e spazi. Le piccole forme di vita marina, che necessitano di protezione per il loro sviluppo, come piccoli crostacei e forme sessili di organismi marini,

che possono essere considerati cibo per le forme di vita più piccole, possono usare le nursery di conchiglie per nutrirsi, nascondersi e in alcuni casi per riprodursi. Le nursery di conchiglie sono risultate molto efficaci nel raggiungere lo scopo di creare un posto dove la vita marina si può moltiplicare.

References

- KAKIMOTO H. (1993) - Control of fish behavior by the artificial reef. *Fisheries Engineering*, **30**: 59-68.
- KAKIMOTO H. (1995) - Studies on the behavior of fish. *Bulletin of The National Fisheries University*: 11-43.
- KAKIMOTO H. (1998) - Studies on the biological function of artificial reefs. *Fisheries Engineering*, **35**: 1-7.
- KAKIMOTO H., OHGAI M., TSUMURA K., NODA M. (1995) - The effect of artificial reef and seaweed bed on survival of prey fish. *International Conference on Ecological System Enhancement Technology for Aquatic Environments, Proceedings*, **I**: 227-232.
- KAKIMOTO H. OHKUBO H. (1985) - General study on the artificial reefs of Niigata Prefecture and realizations. *Bulletin of the Niigata Prefectural Fisheries Experimental Station*: 1-327.
- KAKIMOTO H., TSUMURA K., NODA M., (1998) - Creation of fishing ground and nursery by the artificial reef technique. *Fisheries Engineering*, **34**: 305-311.
- KAKIMOTO H., TSUMURA K., UCHIDA K. (1993) - Effect of artificial reef on the survival of prey fish. *Fisheries Engineering*, **34**: 305-311.
- OHKUBO H., KAKIMOTO H. (1991) - Change in community composition around artificial reefs. Recent advances in aquatic habitat technology. *Japan-U.S. Symposium on Artificial Habitats for Fisheries, Proceedings*: 161-168.

N.T. HAGEN

Department of Fisheries and Natural Science, Bodø College - 8049 Bodø, Norway.
Tel: +47 7551 7355; fax: +47 7551 7349, E-mail: Nils.Hagen@hibo.no

MICROSPATIAL HETEROGENEITY AND THE PERSISTENCE OF MACROPHYTE VEGETATION ON CONCRETE ARTIFICIAL REEF MODULES

ETEROGENEITA' MICROSPAZIALE E PERSISTENZA DELLA VEGETAZIONE DI MACROFITE SUI MODULI DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE DI CALCESTRUZZO

Abstract

Concrete reef module design is traditionally based on various geometrical shapes such as tetrapod, tetrahedron, hemisphere, and cube; and generally have a smooth topography on a spatial scale ranging from a few millimeters to a few decimeters, the scale of a relevance to the foraging activities of the resident grazers. It is hypothesized herein that a more complex surface topography would increase the microspatial heterogeneity of the reef modules, thereby providing greater foraging surface awaits rigorous testing in the field for grazers as well as more refuge space for the macrophyte vegetation. The predicted end result would be an increase in the long term efficiency on the artificial reef, facilitated by increased persistence and productivity of the macrophyte vegetation which provides the resource base for herbivorous abalone and sea urchins.

Key-words: artificial reefs, kelp, Laminaria, microhabitat complexity, overgrazing, Strongylocentrotus.

Introduction

Well developed macrophyte vegetation greatly increases the primary productivity, biodiversity and overall habitat complexity of shallow water reefs. The most abundant marine macrophyte vegetation occurs in temperate waters, where a veritable forest of the large brown algae, known as kelp, may extend from low-tide level to a depth of 20 to 30 meters (Mann, 1973). Kelp forests support local food webs, and provide a habitat for economically valuable fish and invertebrates. Kelp is also harvested for human consumption and industrial applications.

The natural distribution of kelp is limited by physical factors such as, soft bottoms lacking adequate reef substrate for attachment, temperature extremes, and ice scouring. Kelp is also susceptible to destructive overgrazing by sea urchins. High density populations of sea urchins are capable of eliminating most non-encrusting macrophytes on spatial scales ranging from tidepools to coastlines. The transition of epibenthic reef communities, from macrophyte dominance to a barren "Isoyake" condition, is facilitated by the gradual expansion of localized high density aggregations of sea urchins.

Once established, the barren state can be maintained indefinitely by a relatively low density of grazers (Mann, 1977). The devastating ecosystem-level effects of sea urchins grazing on the macrophyte vegetation of natural reefs is one of the most fascinating and best documented generalizations in modern marine ecology; and the worldwide susceptibility of marine macrophytes to destructive overgrazing by sea urchins has emerged as a general ecological principle (Harrold & Pearse, 1987; Lawrence, 1975; Tegner & Dayton, 2000). At the next level of causation, the proximate factors which trigger the onset of destructive overgrazing or macrophyte recovery, are the topic of an ongoing scientific debate.

Concrete modules are widely used as wavebreakers and artificial reefs throughout the Japanese archipelago (Fig. 1) (Thierry, 1988; Tsumura *et al.*, 1999). The deployment of concrete reef modules in northern Japan, where the lack of natural reef substrate is a limiting factor, is intended to enhance the production of kelp and commercially important macroalgalivorous grazers including abalone and sea urchins. The long term persistence of kelp on concrete reef modules has, however, been problematic (Funano, 1981).

This paper provides an overview of the interaction between macrophytes and grazers on natural and artificial reefs in Hokkaido, Northern Japan, in an attempt to identify design factors which may enhance the long term productivity of shallow water artificial reefs.

Methods

Underwater observations of natural and artificial reefs were made by SCUBA diving at 11 sites in Hokkaido in 1982 (Fig. 2). Each field observation was documented by underwater photography using two Nikonos cameras. One camera was equipped with a close up frame and a flash unit, the other had a wide angle lens and used natural lighting. Surface observations of concrete reef modules and shallow artificial reefs were made at numerous sites in Hokkaido and Honshu during two 18 month visits, in 1981-82 and in 1994-95.



Fig. 1 - Concrete modules deployed as shallow water artificial reefs and wavebreakers. All photos H.K. Marshall.

Moduli di calcestruzzo immersi come barriere artificiali di acque basse e frangiflutti. Autore di tutte le foto: H.K. Marshall.

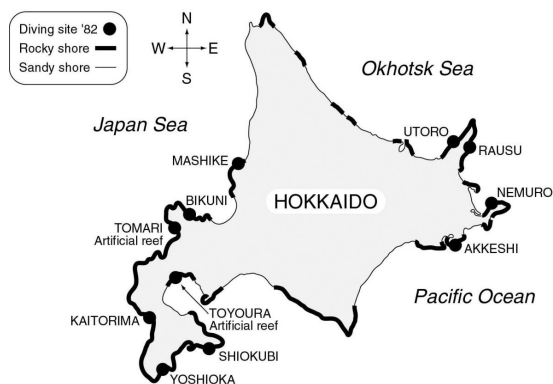


Fig. 2 - Map of Hokkaido showing the location of field sites and the approximate distribution of rocky and sandy shores.

Mappa di Hokkaido che mostra la posizione dei siti di studio e la distribuzione approssimata delle coste rocciose e sabbiose.

Results and discussion

Reef vegetation

Natural reef vegetation

Kelp is a valuable resource in Japan, where *kombu* (*Laminaria* spp.) and *wakame* (*Undaria pinnatifida*) are harvested for human consumption. In addition, the kelp forest provides habitat for an associated fauna of commercially important fishes and invertebrates, such as the abalone *Haliotis discus hannai*, and the sea urchins *Strongylocentrotus nudus* and *S. intermedius*. Kelp occurs naturally in all parts of Hokkaido, although the distribution is severely limited in many sandy bottom areas which lack a suitable reef substrate for attachment of kelp holdfasts (Fig. 2). The most luxurious kelp vegetation occurs on the rocky shores of the Pacific coast (Fig. 3a). In comparison, the reefs along the Okhotsk coast are affected by ice scouring which restricts the development of perennial kelp communities, and the reefs along the Japan Sea coast are predominantly barren *Isoyake* bottoms (Fig. 3b).

The *Isoyake* bottoms of western Hokkaido are impoverished habitats where the vegetation is reduced to a barren cover of the crustose coralline algae *Lithophyllum yessoense* (Noro *et al.*, 1983), interspersed by other corallines and temporal patches of surfswep kelp and opportunistic turf algae (Dotsu *et al.*, 1999). Although the *Isoyake* phenomenon has been studied for a nearly a hundred years (Yendo, 1914), the decisive role of sea urchin overgrazing in *Isoyake* bottoms was first recognized by Kito *et al.*, (1980) in northern Honshu. Hagen (1983) later implied that the *Isoyake* bottoms of western Hokkaido were also a result of destructive overgrazing by sea urchins. This suggestion has been corroborated by independent experimental evidence (Agatsuma *et al.*, 1997), whereas alternative explanations evoking the antifouling ability of crustose corallines (Masaki *et al.*, 1984; Suzuki *et al.*, 1998), or local factors such as volcanic eruptions (Ohmi, 1951) and terrestrial runoff (Matsunaga *et al.*, 1999), would appear to play a less decisive role in the elimination of the macrophyte vegetation. The epifauna of the extensive *Isoyake* bottoms in northwestern Japan is dominated by the long spined sea urchin *S. nudus*, and there is a growing consensus that high population densities of this species effectively inhibit macrophyte recovery in the affected areas (Agatsuma *et al.*, 1997; Dotsu *et al.*, 1999; Fujita, 1998; Nabata *et al.*, 1992; Yoshimori *et al.*, 1998).

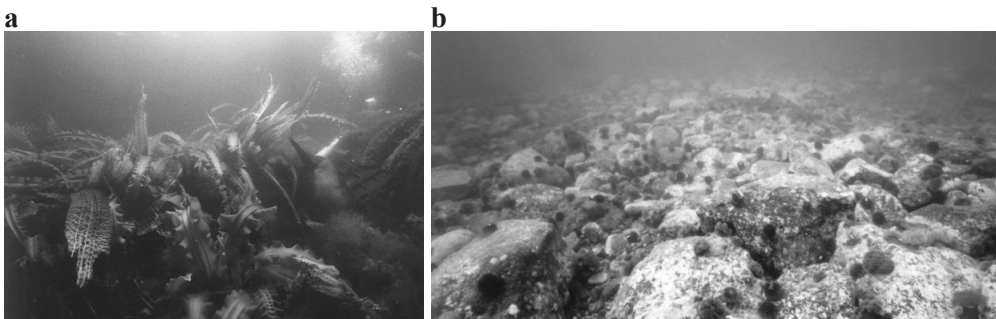


Fig. 3 - Natural reef vegetation in Hokkaido. a. Kelp forest. b. Barren *Isoyake* bottom dominated by crustose coralline algae and sea urchins.

Vegetazione su di una barriera naturale presso Hokkaido. a. Foresta di Kelp; b. Fondale povero Isoyake dominato da alghe coralline incrostanti e ricci di mare.

Artificial reef vegetation

Concrete artificial reef modules in Hokkaido do not support permanent macrophyte vegetation, particularly not the edible kelp *Laminaria japonica* (Fig. 4). Kelp disappears within 3-5 years after deployment of the reef modules (Funano, 1981), although scattered patches of kelp may reappear later on (Fig. 5a, b); or sparse kelp may cover the waveswept top surfaces of shallow water artificial reefs (Fig. 5c). It is interesting to note, however, that kelp will grow again on old reef modules when redeployed after being dried out on shore for several days in order to kill the resident marine organisms (Funano, 1981).

Factors limiting the persistence of macrophyte vegetation on concrete reef modules.

Artificial reef modules without kelp have a barren appearance (Fig. 4), resembling the *Isoyake* condition of the natural reefs (Fig. 3b). By analogy, the transient nature of the macrophyte vegetation on the artificial reefs would suggest that the population density of invertebrate grazers rapidly gets too high for coexistence. This suggestion is consistent with results from other geographical areas where urchin grazing has eliminated the macrophyte vegetation on artificial reef modules; e.g. in southern Japan (Ohno *et al.*, 1990), in Italy (Falace & Bressan, 1999a), and in Chile (Jara & Céspedes, 1994).

Macrophyte vegetation on artificial reef modules may, in some local areas, be restricted by a high rate of sedimentation (Falace & Bressan, 1999b), but this mechanism would not appear to be applicable in Hokkaido.

The long spined sea urchin *S. nudus* is the principal grazer in the extensive *Isoyake* areas of western Hokkaido, whereas the more valuable short spined *S. intermedius* is involved in localized overgrazing elsewhere in Hokkaido (Fig. 5). Both species would appear to contribute to the demise of the macrophyte vegetation on artificial reefs.



Fig. 4 - Artificial reef in Hokkaido resembling the *Isoyake* condition of natural reefs.

Barriera artificiale presso Hokkaido paragonabile alla condizione Isoyake di barriera naturale.



Fig. 5 - Localized destructive grazing of kelp in Hokkaido by the short spined sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*.

Pascolo distruttivo di kelp localizzato presso Hokkaido da parte del riccio di mare a spine corte Strongylocentrotus intermedius.

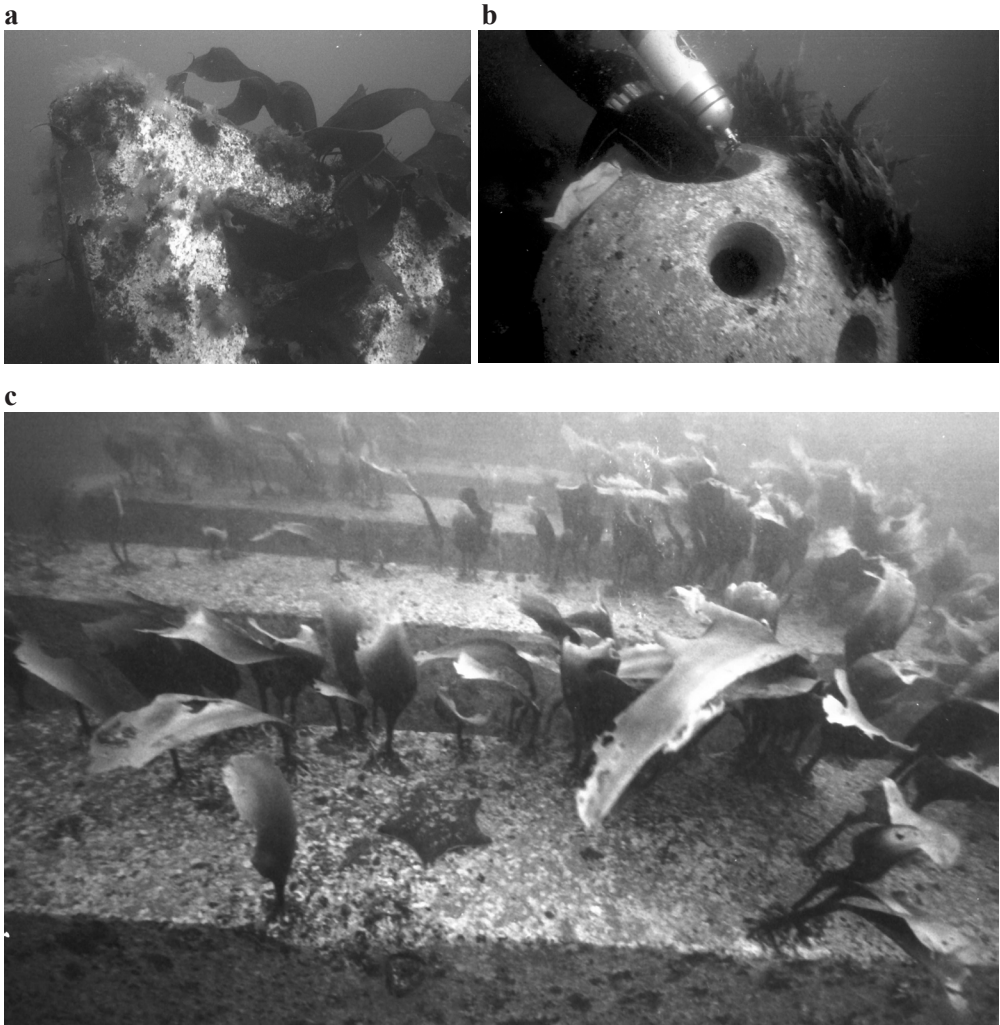


Fig. 6 - Vegetation on artificial reefs in Hokkaido. a. Patches of opportunistic algae mixed with kelp. b. Patches of kelp on hemispherical reef module with holes. c. Sparse kelp cover restricted to the top of shallow reef modules.

Vegetazione sulle barriere artificiali di Hokkaido. a. Chiazze di alghe opportuniste insieme a kelp; b. Chiazze di kelp su un modulo di barriera emisferico con buchi; c. Copertura sparsa di kelp limitata alla sommità dei moduli superficiali della barriera.

Other grazers, although thought to be incapable of destructive overgrazing, may nevertheless contribute to the maintenance of the barren *Isoyake* state on the smooth concrete surface of the artificial reef modules. Herbivorous abalone, *H. discus hannai*, and periwinkles can be locally abundant, and the ubiquitous seastar, *Asterina pectinifera*, may inhibit macrophyte recovery by feeding on germ plants contained in the organic surface film.

Urchin removal experiments have unequivocally demonstrated the ability of the macrophyte vegetation to recolonize former *Isoyake* areas (Agatsuma *et al.*, 1997), but removal is not a viable management option in a place where enhancement of the sea urchin fishery is a priority. The challenge in Hokkaido is to maximize the production of sea urchins, while preventing destructive overgrazing of the macrophyte vegetation.

An innovative strategy, based on a combination of experimental sea urchin density reduction and kelp cultivation, which yielded promising results in an *Isoyake* area in northern Honshu (Kito *et al.*, 1980), has not been widely adopted, and the *Isoyake* problem is still essentially unresolved.

Artificial reef module design

The most striking abiotic difference between natural and artificial reefs is the smoothness of the artificial reef surface (Figs. 4, 7). Most concrete reef modules in current use have a smooth topography on a spatial scale ranging from a few millimeters to a few decimeters, which is the scale of relevance to the foraging activities of the resident grazers. Consequently, the entire surface is easily accessible for grazing, and there is a lack of refuge space for vulnerable juvenile stages of macrophyte vegetation.

It is therefore hypothesized that the decline of macrophyte vegetation on concrete reef modules is related to a lack of microspatial heterogeneity, which facilitate overgrazing by commercially important herbivorous gastropods and echinoids at densities below the coexistence threshold on natural reefs. The smooth surface of the reef modules would appear to function as the benthic equivalent of a highway for the grazers (Fig. 8), whereas a more complex topography would increase the microspatial heterogeneity and surface area of the module, thereby creating a potential for both physical and temporary refuges from grazing for juvenile macrophytes.

This microspatial heterogeneity hypothesis could be tested by constructing a reef module with a more complex surface topography and performing controlled field experiments at different sea urchin densities. Preliminary tests of an unsmooth reef module, which provided increased microspatial heterogeneity by using embedded iron nodules to create a rugged surface topography (Hotta & Suzuki, 1995), would appear to be consistent with the hypothesis. There has also been a recent attempt to increase the microspatial heterogeneity of artificial reefs by making reef modules from steel, rather than concrete (Itosu *et al.*, 1999). Other studies of the habitat complexity of artificial reefs has focused either on the structural design of reef modules (Kim *et al.*, 1994; Thierry, 1988), or on the microhabitat requirements of fishes and shelter dependent invertebrates (Bohnsack, 1991; Caley & St. John, 1996; Carr & Hixon, 1997; Charbonnel & Serre, 1999; Kellison & Sedberry, 1998; Spanier, 1994), but the effect of increased microspatial heterogeneity on the coexistence threshold of sea urchins and their macrophyte prey is essentially unknown.

The microspatial heterogeneity of a concrete reef module may be increased by any deviation from the prevailing smooth surface topography. However, in a systematic attempt to increase microspatial heterogeneity the two variables of interest are: the actual increase in accessible surface area for the grazers and the actual increase in cryptic microhabitats suitable for juvenile macrophytes, but inaccessible to the grazers.

A successful design would increase both variables while preserving the structural integrity and geometric shape of existing modules, and would have general applicability, since the microspatial heterogeneity of a reef module is essentially independent of its overall geometrical shape.



Fig. 7 - Typical design of contemporary concrete reef modules. Bottom photo H.K. Marshall.

Disegno caratteristico dei moduli di barriera di calcestruzzo contemporanei.

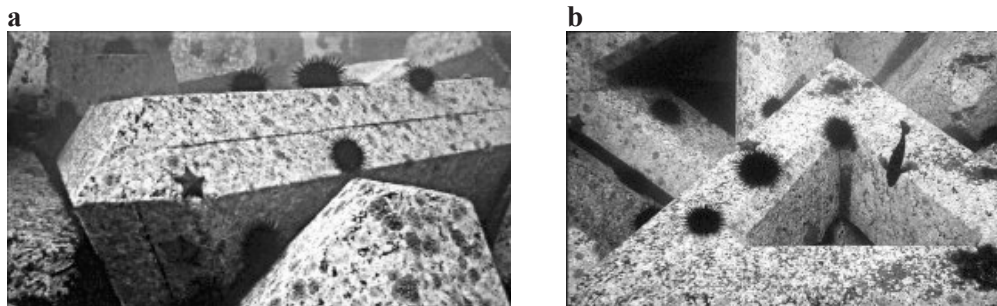


Fig. 8 - a. Smooth surface of concrete artificial reef modules. b. "highway" for grazers without effective refuge space for macrophytes.

a. Superficie liscia di moduli di barriera di calcestruzzo; b. Un "autostrada" per i pascolatori senza efficaci ripari per le macrofite.

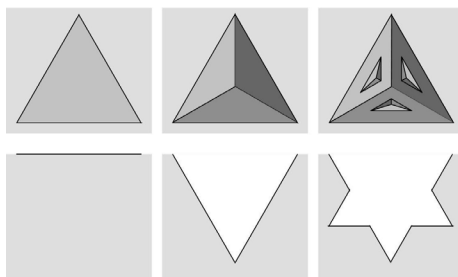


Fig. 9 - Principles for increasing microspatial heterogeneity. Surface view and cross section of: smooth surface; surface indented with inverted tetrahedron which provides crevices and increases the surface area by a factor of 3; and surface with repeated indentations which double the crevice length and add more surface area.

Principi per aumentare l'eterogeneità microspaziale. Vista frontale e della sezione trasversale di una superficie liscia; superficie solcata da tetraedri capovolti che forniscono interstizi e aumentano l'area della superficie di un fattore 3; superficie con ripetute rientranze che raddoppiano gli spazi e aggiungono area alla superficie.

One possible design is a hypothetical reef surface indented with inverted tetrahedrons, which would increase the surface area by a factor of 3 over a smooth surface, and provide inaccessible crevices which presumably would function as refuges from grazing for juvenile macrophytes (Fig. 9). Microspatial heterogeneity and habitat complexity could be further increased by a design with repeated indentations of smaller tetrahedrons which would double the crevice length and add even more surface area. Increased microspatial heterogeneity would provide more foraging surface for the grazers, and increased habitat complexity would provide more refuge space for the macrophytes. The predicted end result would be increased persistence of the macrophyte vegetation at higher densities of grazers; i.e. increased long term efficiency of the reef. This prediction awaits rigorous testing in the field.

Riassunto

Una vegetazione di macrofite ben sviluppata aumenta fortemente la produttività primaria, la biodiversità e la complessità totale dell'habitat delle barriere in acque costiere. La vegetazione di macrofite è, comunque, vulnerabile all'intensa attività di pascolo da parte degli echinoidi, che possono virtualmente eliminare le piante non incrostanti da livelli che vanno dalle pozze di marea alla linea di costa. Il passaggio dalla dominanza delle macrofite ad una condizione di substrato privo di vegetazione "Isoyake" è facilitata dall'espansione di aggregazioni locali di erbivori e, una volta stabilito, questo stato di mancanza di vegetazione può essere mantenuto da una bassa densità di pascolatori. Per analogia, la presenza temporanea della vegetazione a macrofite sui moduli di calcestruzzo di una barriera artificiale nel nord del Giappone potrebbe indicare che la densità di popolazione dei pascolatori invertebrati divenga rapidamente troppo elevata. Viene tuttavia ipotizzato che il declino della vegetazione sui moduli di calcestruzzo della barriera sia in relazione con una mancanza di eterogeneità microspaziale, che facilita l'eccessivo pascolo da parte di gasteropodi e di echinoidi erbivori di importanza commerciale ad una densità al di sotto del limite di coesistenza sulle barriere naturali.

I moduli di calcestruzzo sono largamente usati come frangiflutti e barriere artificiali in tutto l'arcipelago giapponese. La maggior parte dei moduli di calcestruzzo utilizzati correntemente per le barriere hanno una superficie liscia con rugosità che vanno da pochi millimetri a pochi decimetri, che è l'intervallo rilevante per l'attività di nutrimento dei pascolatori residenti. Comunque, l'area della superficie totale di un modulo di barriera può essere aumentata da 3 a 9 volte per mezzo di una topografia più complessa (per esempio un sistema di piccoli tetraedri capovolti all'interno di grandi tetraedri). L'aumentata eterogeneità microspaziale fornirà una maggiore superficie di approvvigionamento per i pascolatori, e uno spazio più ampio di rifugio per le macrofite. I risultati finali previsti saranno una persistenza maggiore della vegetazione a macrofite e una maggiore efficienza a lungo termine per la barriera. Queste previsioni necessitano di rigorosi esperimenti di campo.

Acknowledgements

Thanks to my Japanese friends, teachers and colleagues for their support during my visits as Monbusho scholarship recipient, conference delegate, and STA fellow. Special thanks to Dr. Tomitaro Masaki who introduced me to the *Isoyake* problem and helped in ways too numerous to mention. Thanks also to H.K. Marshall for providing photographs, and improving the logical flow and linguistic content of the manuscript.

References

- AGATSUMA Y., MATSUYAMA K., NAKATA A., KAWAI T., NISHIKAWA N. (1997) - Marine algal succession on coralline flats after removal of sea urchins in Suttu Bay on the Japan Sea Coast of Hokkaido, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **63** (5): 672-680.
- BOHNSACK J.A. (1991) - Habitat structure and the design of artificial reefs. In: S. S. Bell, E. D. McCoy & H. R. Mushinsky (eds), *Habitat structure: the physical arrangement of objects in space*. London, Chapman and Hall: 412-426.
- CALEY M.J., ST. JOHN J. (1996) - Refuge availability structures assemblages of tropical reef fishes. *J. Animal Ecol.*, **65**: 414-428.

- CARR M.H., HIXON M.A. (1997) - Artificial reefs: the importance of comparison with natural reefs. *Fisheries*, **22** (4): 28-33.
- CHARBONNEL E., SERRE C. (1999) - Effects of reef design complexification on associated fish assemblages. Example of large artificial reef units of 158 m² used in France. In: G. Relini, G. Ferrara, E. Massaro (eds), *Proc. 7th CARAH*. Sanremo, Univ. Genova, Italy: 329 pp.
- DOTSU K., NOMURA H., OHTA M., IWAKURA Y. (1999) - Factors causing formation of *Laminaria religiosa* bed on coralline flats along the southwest coast of Hokkaido. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **65**: 216-222.
- FALACE A., BRESSAN G. (1999a) - Evaluation of the effectiveness of an antigrazing net placed on an artificial reef at Loano with relation to the algal biomass (Savona, Ligurian Sea). In: G. Relini, G. Ferrara, E. Massaro (eds), *Proc. 7th CARAH*. Sanremo, Univ. Genova, Italy: 576-581.
- FALACE A., BRESSAN G. (1999b) - Quantitative evaluation of algal community on an artificial reef in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). In: G. Relini, G. Ferrara, E. Massaro (eds), *Proc. 7th CARAH*. Sanremo, Univ. Genova, Italy: 173-178.
- FUJITA D. (1998) - Strongylocentrotid sea urchin-dominated barren grounds on the Sea-Of-Japan Coast of northern Japan. In: R. Mooi & M. Telford (eds), *Echinoderms: San Francisco*. Rotterdam, Balkema: 659-664.
- FUNANO T. (1981) - Ecological and maricultural studies on *Laminaria japonica* growing on the shores of Date City, Hokkaido. II. Technical approaches to create laminarian forests by concrete blocks and cut stones. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Sta.*, **23**: 9-52.
- HAGEN N.T. (1983) - Destructive grazing of kelp beds by sea urchins in Vestfjorden, northern Norway. *Sarsia*, **68**: 177-190.
- HARROLD C., PEARSE J.S. (1987) - The ecological role of echinoderms in kelp forests. *Echinoderm studies*, **2**: 137-233.
- HOTTA K., SUZUKI T. (1995) - Technology for creating an artificial seaweed community using ferrous sulfate. In: Anon. (ed), *Proc. Sustainable Aquaculture 95, Ilikai Hotel, Honolulu, Hawaii, June 11-14, 1995*. Honolulu, PACON (Pacific Congress on Marine Science and Technology) International. P.O. Box 11568, Honolulu, Hawaii 96822 USA: 185-192.
- ITOSU C., KOMAI Y., SAKAI H. (1999) - Estimation of food organism production on steel-made artificial reef. In: G. Relini, G. Ferrara, E. Massaro (eds), *Proc. 7th CARAH*. Sanremo, Univ. Genova, Italy: 150-157.
- JARA F., CÉSPEDES R. (1994) - An experimental evaluation of habitat enhancement on homogenous marine bottoms in Chile. *Bull. Mar. Sci. (U.S.)*, **55** (2-3): 295-307.
- KELLISON G.T., SEDBERRY G.S. (1998) - The effects of artificial reef vertical profile and hole diameter on fishes off southern Carolina. *Bull. Mar. Sci. (U.S.)*, **62** (3): 763-780.
- KIM C.G., LEE J.W., PARK J.S. (1994) - Artificial reef designs for Korean coastal waters. *Bull. Mar. Sci. (U.S.)*, **55** (2-3): 858-866.
- KITO H., KIKUCHI S., UKI N. (1980) - Seaweed as nutrition for seabed marine life technology for artificial marine forests. In: *Proc. Int. Symp. Coast. Pacific Mar. Life*. Bellingham, Washington 98225, Western Washington Univ.: 55-66.
- LAWRENCE J.M. (1975) - On the relationships between marine plants and sea urchins. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **13**: 213-286.
- MANN K.H. (1973) - Seaweeds: their productivity and strategy for growth. *Science*, **182**: 975-981.
- MANN K.H. (1977) - Destruction of kelp-beds by sea-urchins: A cyclical phenomenon or irreversible degradation? *Helgol. Wiss. Meeresunters.*, **30**: 455-467.
- MASAKI T., FUJITA D., HAGEN N.T. (1984) - The surface ultrastructure and epithallium shedding of crustose coralline algae in an 'Isoyake' area of southwestern Hokkaido, Japan. *Hydrobiologia*, **116/117**: 218-223.
- MATSUNAGA K., KAWAGUCHI T., SUZUKI Y., NIGI G. (1999) - The role of humic substances on the shift of kelp community to crustose coralline community of the southern Hokkaido Island in the Japan Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **241**: 193-205.
- NABATA S., ABE E., KAKIUCHI M. (1992) - On the 'Isoyake' condition in Taisei-cho, southwestern Hokkaido. *Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Sta.*, **38** (March): 1-14.
- NORO T., MASAKI T., AKIOKA H. (1983) - Sublittoral distribution and reproductive periodicity of crustose coralline algae (Rhodophyta, Cryptonemiales) in southern Hokkaido, Japan. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **34**: 1-10.
- OHMI H. (1951) - Studies on Isoyake or decrease of seaweeds along the coast of northern Japan. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **2**: 110-117.

- OHNO M., ARAI S., WATANABE M. (1990) - Seaweed succession on artificial reefs on different bottom substrata. *Journal of Applied Phycology*, **2**: 327-332.
- SPANIER E. (1994) - What are the characteristics of a good artificial reef for lobsters? *Crustaceana*, **67** (2): 173-186.
- SUZUKI Y., TAKABAYASHI T., KAWAGUCHI T., MATSUNAGA K. (1998) - Isolation of an allelopathic substance from the crustose coralline algae, *Lithophyllum* spp., and its effect on the brown alga, *Laminaria religiosa* Miyabe (Phaeophyta). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **225**: 69-77.
- TEGNER M.J., DAYTON K. (2000) - Ecosystem effects of fishing in kelp forest communities. *ICES J. Mar. Sci.*, **57**: 579-589.
- THIERRY J.M. (1988) - Artificial reefs in Japan - a general outline. *Aquacultural Engineering*, **7**: 321-348.
- TSUMURA K., KAKIMOTO H., NODA M. (1999) - The history and future of artificial reefs and related aquatic habitats in Japan. In: G. Relini, G. Ferrara, E. Massaro (eds), *Proc. 7th CARAH*. Sanremo, Univ. Genova, Italy: 264-271.
- YENDO K. (1914) - On the cultivation of seaweeds, with special accounts of their ecology. *Economic Proceedings, Royal Dublin Society*, **2**: 105-122.
- YOSHIMORI A., KONO T., IIZUMI H. (1998) - Mathematical models of population dynamics of the kelp *Laminaria religiosa*, with emphasis on temperature dependence. *Fisheries Oceanography*, **7**: 136-146.

J.W. DODRILL

Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, division of Marine Fisheries, Bureau of Marine Fisheries Management, 2590 Executive Center Circle East, Berkeley Building - Tallahassee, FL 32301 USA.
Tel: 850-488-6058; fax: 850 488-7152; E-mail: DodrillJ@gfc.state.fl.us

AN EXAMINATION OF THREE GULF OF MEXICO ARTIFICIAL REEF PROGRAM POLICY ISSUES

ESAME DELLE POLITICHE DI PROGRAMMAZIONE IN TRE BARRIERE ARTIFICIALI DEL GOLFO DEL MESSICO

Abstract

Several different state and federal regulatory agencies are involved in the permitting of artificial reef sites in the Gulf of Mexico. Artificial reef permitting for the five states bordering the Gulf of Mexico (Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama and Florida) is conducted independently by four different U.S. Army Corps of Engineers (USACE) regulatory Districts (within the Department of Defense) as well as state government natural resource management agencies. Additionally, the Minerals Management Service (MMS) (within the Department of Interior) and two different U.S. Coast Guard (USCG) Districts (within the Department of Transportation) are involved in permit review related to oil and gas leases and navigational issues, respectively. Other federal agencies whose artificial reef regulatory involvement is specified under the National Artificial Reef Plan of 1985 (currently under revision review) include the National Marine Fisheries Service and National Ocean Service (under the Department of Commerce), and the Environmental Protection Agency.

The purpose of this paper is four fold: 1) briefly describe the processes and responsibilities of the regulatory agencies most heavily influencing artificial reef development in the Gulf of Mexico; 2) compare and contrast the strengths and weaknesses of these artificial reef regulatory processes as they have been tailored to interface with the artificial reef planning and development programs unique to each Gulf coastal state; 3) discuss efforts made to improve the permitting/regulatory process in recent years; and 4) identify permitting/regulatory issues warranting further evaluation.

Key-words: *artificial reef permitting, Gulf of Mexico.*

Introduction

Five Gulf of Mexico Coastal states have operational artificial reef programs with authority provided in their respective state statutes. Among the five states, Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama, and Florida, there are state-to-state differences in the direct role private citizens play in artificial reef construction. There are differences in the use of large permitted areas as tools in the planning and developing artificial reefs. There are differences in the level of regulatory impacts that the U.S. Army Corps of Engineers (COE) permitting process has on state programs. This paper will briefly touch upon three selected policy issues.

These policy issues to be discussed will be 1) a comparison of the use of large areas in artificial reef planning and development among several states and the role of private citizen reef building in two state programs; 2) a discussion of the outcome of efforts by private citizens to hold artificial reef permits, and 3) the failure of the U.S. Army Corps of Engineers general artificial reef permit process in Florida.

The Use of Large Artificial Reef Areas in the reef planning and development process in the Gulf of Mexico.

Large areas are defined for purposes of this paper as designated sites larger than 50 square kilometers that are used to accomplish two objectives in the Gulf of Mexico.

They are used by fully state controlled programs for long term planning purposes in the placement of decommissioned oil and gas rigs as artificial reefs. The objective is to expedite the permitting process for smaller sites placed within these large area. The second objective of the use of large areas is to enable private citizens to deploy personal artificial reefs in a large area of ocean in order to conceal the reef locations.

Louisiana and Texas both have state run programs centered around the use of decommissioned oil and gas platforms donated to the state by energy companies to serve as artificial reefs. As part of its long range artificial reef planning efforts, Louisiana, through a detailed exclusionary mapping process, identified nine planning areas in federal waters off its coastline. These planning areas, established during the course of state management plan development ranged from 166-435 square kilometers and were deemed as areas suitable to deploy decommissioned energy platforms. The areas were located with public access in mind along with the proximity of rigs scheduled for decommissioning and suitable depth to provide sufficient clearance over the rigs once deployed. Within these large planning areas which were not permitted, small individual permits, 1219 meters on a side in which the rigs themselves are placed were obtained from the COE. The planning areas were not permitted. Although permits are secured under an individual permit and generally must fall within these areas, the concept of having a planning area already selected through a detailed public review and exclusionary process, expedites the individual permit process. The disadvantage is that reef development is limited to these areas and there may be some loss of flexibility in rig selection.

Texas has access to fewer oil and gas rigs potentially available for rigs to reefs conversion. The Texas reef coordinator was concerned about the delays involved in securing general permits. Permitting delays in the COE process could result in the loss of a window of opportunity available to effectively coordinate with the donating company and other federal agencies. The MMS requires that within a year after ceasing oil or gas production a rig has to be removed and returned to shore as required by the Minerals Management Service (MMS).

Texas Parks and Wildlife Division in 1994 took the large area planning concept of Louisiana a step further and secured a COE permit for a large area in federal waters off High Island, Texas (TX). The permit was subsequently expanded and modified in 1999 to include 316 oil lease blocks (about 7464 square kilometers). The area was intentionally selected to include a region with a concentration of gas production platforms where rig decommissioning was expected in the future and which was accessible to the fishing and diving public. The COE permit was sent out on public notice to six federal agencies, four state agencies, adjacent property owners, and shipping concerns for review. There were no negative comments. The Galveston TX COE office determined that the large area was consistent with national policy, statutes, and administrative directives, and that the public interest would be served. The permit, approved for five years with an option for extension, was designed to increase permitting efficiency and enhance reef project coordination.

Within this large general permit area, which is more of a planning area, 16,2 hectare general permits (402 meters on a side) for individual rigs to reefs deployments can be

obtained in as little as 10 days through a COE general permit. Public review, other than by the artificial reef program's 10 person marine advisory committee, is not required. The National Ocean Service (NOS) who handles charting and the U.S. Coast Guard (USCG) Aids to Navigation Section are notified of the smaller areas. Appropriate aids to navigation requirements are adhered to if required. The 16,2 hectare sites are charted within the large area though the extensive High Island planning area itself is not.

No exclusionary mapping was performed for this large site. Known shipping fairways, unique coral reef systems (Stetson Banks, Flower Gardens) and historic shrimp trawling areas were intentionally included in these boundaries. These issues were addressed as special conditions in the COE permit. These permit conditions require no placement of artificial reefs within two nautical miles of shipping safety fairways and one nautical mile from any natural reef system, and seven times the water depth from any existing gas pipelines. Minimum clearance over structures must be 25,9 meters.

As in the Texas reef program elsewhere, no private reef development takes place in this area. The 16,2 hectare general permit sites must be at least three miles away from each other, to spread out fishing activity and allow shrimp trawlers to operate and still remain at least a mile away from each reef. In addition to the 15 general permits within the High Island area, Texas currently has a mix of 22 individual permits outside the planning area. Most are 16,2 hectares or 402 meters on a side with the exception of four 65,7 hectare liberty ship sites ($804,7 \times 804,7$ meters), one 16,2 hectare liberty ship site, and the Port Isabel Reef Site (169,2 hectares), inherited by the Texas reef program when it was first established.

Private Citizens utilizing large areas under governmental permits.

In an area of OCS waters stretching along 243 km of Alabama and Northwest Florida (Panhandle) coastline is located an array of 12 large areas totaling 1,233 square nautical miles. They were permitted in two different states between 1986 and 1997 by two different COE district regulatory offices to state or local county governments for artificial reef development. Both government-sponsored public artificial reefs and private reefs are deployed in these areas. However, it is the placement of the private artificial reefs, not government managed reef projects that require such large areas.

Private reef builders perceive they need large expanses so that they can "hide" small reefs in order to reduce chances of discovery of "their site" by others.

This region is the only geographic area in the United States where large areas of sea bottom have been designated for the specific purpose of providing expansive areas in which private individuals or companies can build their own private artificial reefs.

These large areas where private deployment is authorized exceed the combined areas of all other artificial reef permitted sites in the rest of the United States. The one exception is the Texas High Island large area previously discussed which allows no private reef construction and is in effect a planning area similar to Louisiana's planning areas that are not permitted.

Alabama's Large Area Program

The concept of permitting large areas for private artificial reef development was a regulatory, management, and economic measure which first originated in Alabama (AL) in 1986.

The use of large areas were a means by which the COE and the Alabama Department of Conservation and Natural Resources, Marine Resource Division (MRD) could

address conflicts between the commercial shrimp industry and recreational fishing interests. At the same time they hoped to address illegal reef building while still retaining the traditional private reef building activities of the charter boat industry that were important to the local economy.

After Hurricane Frederick (1979) destroyed the Dauphin Island, AL bridge, concrete rubble was authorized to be taken offshore to a permitted area to provide habitat for game fish. Unfortunately some of this material was placed outside the permitted area. Additionally, fishermen with essentially no regulatory oversight were openly placing a wide range of unregulated secondary use man-made materials offshore as private fishing reefs. This further contributed to conflict with commercial trawlers.

In 1986 the MRD cooperated with a number of other agencies and the COE to establish the nation's first reef large area artificial reef permit. This 239 square kilometer area was intended to provide ample room for private reef building and effectively segregate these activities from conflicts with the shrimping industry and other navigational concerns. Fishermen were allowed to hide their reefs anywhere in the site without reporting accurate numbers.

The solution of legalizing a culturally acceptable but illegal activity by containing it within a dramatically expanded permitted site initially did not work. Private reef builders persisted in placing materials outside the large areas. Trawlers continued to snag artificial reef material that was either placed or moved outside the permitted areas. The regulatory response was to continue to expand the large areas on three more occasions (1988, 1989, 1991) until the size of the areas accessible to private individuals for reef building was approximately 1811 square kilometers. Shrimp trawl fishermen continued to complain about dragging up artificial reef materials or disassociated parts of such reefs.

The Alabama offshore Large Area program, though very popular with the recreational fishing industry did not stabilize until 1997. Two events took place which finally resolved user conflicts. In 1997 the large area regions were expanded a fourth and final time to about 2897 square kilometers. This expansion of permitted areas available for private reef deployments include most of the areas in federal waters off Alabama accessible to recreational fishermen except for shipping fairways. Illegal offsite dumping activity was reduced because over time through progressive area expansion such activity was essentially legalized. Most any area in federal waters a person fishing out of an Alabama port would care to place a private reef in, except shipping fairways is now legally accessible.

The second change Alabama made was a commitment to emphasize more durable and stable artificial reef materials for use as long term habitat enhancement in addition to providing fishing opportunities. Hurricane Opal (1995) damaged, destroyed or moved a large number of privately deployed reefs in Alabama and Northwest Florida. Alabama shrimp fishermen still complained about snagging pieces of reef material in their nets.

In 1997 Alabama eliminated private use of automobiles, household appliances, small boats, and other lightweight materials subject to movement or breaking apart. These items had been previously dropped from use by other Gulf States. Alabama developed tougher inspection standards and further formalized an existing protocol for privately deployed reef materials. Prior to departure offshore, a state employee must inspect all reef material, secure a float plan from the applicant and issue a permit and cargo manifest. Following deployment the inspector receives a follow up confirmation report of the deployment location a copy of which is forwarded to the COE. Use of

artificial reef materials carried by bonded commercial carriers is encouraged. Use of fabricated designed reef materials is increasing.

Following requests from the Northwest Florida recreational charter boat industry and several Northwest Florida county governments, the large area concept that accommodated private reef building in Alabama was subsequently adopted but with greater restrictions on materials use and limitations on the extent of accessible area. Permits for seven areas whose total area is less than half (516 square kilometers) that of Alabama (1,119 square kilometers) were secured by state and county governments between 1993 and 1997. These Florida large permitted areas are presently restricted the far western portion of the state.

Northwest Florida Large Area Challenges

There are certain aspects of a large area private citizen reef building program which are of concern to other states, local governments, and other agencies.

A large area program with private citizen involvement is not structured to facilitate effective programmatic oversight. Once a large area program participant has his material inspected he is authorized to proceed offshore to a permit area. He is covered by the permit and is supposed to proceed to a designated site within the permit area, but in reality can proceed anywhere (as can someone carrying reef material approved or unapproved who has no permit at all). Since there is no monitoring of the actual deployment, the reef placement may take place outside the permit area as has been documented historically in both Florida and Alabama. Chances of detection by a law enforcement or regulatory agency are remote. The point of building a private reef is to maximize its unavailability to the public, even though it technically becomes a public reef once placed on the bottom. At that time the permit holder assumes liability for the reef. This places the permit holder in the position of having liability for something he doesn't know the location or the condition of over time. Accurate coordinates are not provided to the permit holder because there is no guarantee that a state or local government under the Public Information Act would not be required to make the information available if requested. With the location of the reef unknown, the permit holder cannot monitor the reef as required by the COE under the National Fishing Enhancement Act either for performance or to determine whether it is compliance with permit conditions (i.e. placed within the permitted area).

Lack of Surveillance and Enforcement of illegal reef building activities in Florida has been a low priority among law enforcement and regulatory entities tasked with enforcing ocean dumping. In Northwest Florida it is less problematic to slip offshore at night with unauthorized materials to an unknown location to dump the reef material than go through a formal inspection program. The inspection process in compliance with COE permit conditions may require material that may be more expensive to secure or require a contractor to transport and deploy because of increased weight for stability reasons.

No regulations currently exist which make it illegal for a person or firm to store on a vessel or transport across state waters inappropriate artificial reef material that has not been inspected.

The National Ocean Service (NOS) has concerns that important bathymetric information is lost on nautical charts when these large permit areas are charted. All depth soundings and other bottom topography information are deleted leaving a large "blued-out area" on the chart showing only a minimum clearance and the announcement that the area is a fish haven/obstruction.

The United States Coast Guard (USCG) has concerns that large amounts of material could go into unknown locations in a large area that will take two years to appear on a nautical chart as an area containing obstructions. Technically artificial reefs are marked in the same manner as wrecks and obstructions. Until the permitted area appears on the chart, permitted sites require the placement of buoys at one mile intervals around the perimeter if the site is one mile on a side or larger and the depth is shallower than 200 feet. At depths less than 85 feet the buoys would technically have to be lighted. If done in accordance with USCG regulations, properly marking a large area and maintaining a system of buoys for two years prior to charting could be an extremely expensive undertaking. In the past there has been no compliance with this USCG marking requirement with respect to large areas

Additional concerns are the liberal interpretation of materials requirements associated with large area permits, variations in materials lists from one permit holder's COE permit to the next, and the use of "volunteer" inspectors. One designated unpaid volunteer inspector representing Okaloosa County is himself a private reef builder, placed in the awkward position of inspecting his peers.

In Northwest Florida requirements that private reef builders submit to an inspection process and use materials of a structurally durable and stable nature has resulted in a much lower than anticipated number of legal private citizen deployments at the two state large area sites off Escambia County. It is more convenient for the reef builder to leave after dark, carrying unacceptable materials that could be obtained cheaply, could be handled easily and would function effectively as fishing gear for a couple years until lost to a storm event or discovered by someone else.

Future Large Area Permit Actions:

In Florida, the COE indicates that it does not intend to allow the further expansion of existing large areas in Florida nor the addition of any new areas for the purpose of private citizen deployment of reef materials to inaccurate or unrecorded locations.

In the last year two Bay County large areas have been reduced in size as a result of USCG requirements to move them away from the edge of navigation fairways. Future permitted artificial reef sites in Florida will be restricted to one square mile or less.

Five of Florida's seven large area permits are scheduled to expire within six months. Requests for permit reauthorization are currently under COE review.

Permitting and Policy Issue 2: Artificial Reef Permits Requested by Private Individuals

The question "should private citizens hold permits to artificial reef sites?" has not been addressed on a broad policy level by the COE. In Florida in the 1980's private reef builders were occasionally issued permits for their own sites. The COE evaluates permit requests and considers liability issues when making decisions on artificial reef permits. However they have not defined requirements for meeting liability associated with constructing and maintaining a permitted artificial reef site. The National Artificial Reef Plan (under revision) recommends that state fisheries management agencies should ideally be the permit holders or given first option to hold an artificial reef permit. The states of Texas and Louisiana specifically do not allow private reef building in their state reef programs and the MMS will not authorize donation of decommissioned energy platforms to any entity but a state agency.

Two recent cases arose, one in Mississippi and one in Florida where private individual and a for profit firm respectively applied for artificial reef permits.

In the Mississippi (MS) case an out of state individual applied for a general artificial reef permit in federal waters off that state. As the only reviewer, the COE prepared to issue a general permit, citing the precedent set by Alabama in allowing private citizens to build reefs. The MS coordinator pointed out that the Alabama private reef builders didn't hold the permit, the state did. The situation was complicated by the fact that part of the proposed permit overlapped into an existing active permit held by the nonprofit club, Mississippi Gulf Fishing Banks Inc. Upon further review, the USCG and the state of Louisiana noted that an active gas pipeline ran through a portion of the area to be permitted. The private applicant persisted in his request and the COE application moved forward. The MS Department of Marine Resources responded to the COE citing inconsistency of the project with the MS Coastal Zone Management Program. Even though the project was in federal waters, the State, using the authority of the Coastal Zone Management Act of 1972 requested denial of the project. The DMR found the project individually and cumulatively to have an adverse impact on the utilization of MS fisheries resources. The DMR felt the project set a precedent for unforeseen and uncontrolled impacts on fisheries management efforts, had a precedent setting effect of allowing individual development of artificial reefs with no regulatory oversight by relevant state agencies. MDMR was concerned that placement of material could present a question of liability if material caused harm or moved. Finally MDMR stated that the project was not coordinated with the State Artificial Reef plan or plan goals. The COE subsequently denied the permit in May 1999 after offering the applicant the alternative of deploying his material in the MGFB site under the supervision of the permit holder.

The applicant declined and did not appeal the decision.

Private Firm applies for permit to two large areas in state and federal waters in NW Florida.

In 1997 a commercial reef building company applied for a permit to two large areas off Escambia County (Northwest Florida). One site, 22,4 square nautical miles, was in state waters and one site of 104,4 square nautical miles encompassed both state and federal waters and was immediately north of an existing large area permitted to the state. In these two areas the company proposed to place for paying clients, a certain design of prefabricated reef units as private fishing reefs at locations known only to the clients.

The State Department of Environmental Protection, Environmental Resources Permitting staff who has joint review responsibility with the COE for artificial reefs in state waters, determined that the project might constitute a for profit use of sovereignty submerged lands. Since this case had no prior precedent in Florida it would have to be presented to the Governor and Cabinet to answer the question of whether a lease was necessary if the project was approved. Before this step was taken, the COE completed its evaluation of the project. The COE concluded that the project as proposed was inconsistent with the National Fishing Enhancement Act of 1984 (NFEA), the National Artificial Reef Plan, and COE regulations CFR 322,5(b). The COE judged the project contrary to the overall public interest. Specifically the COE felt that private reefs distributed across a large area at unknown locations would make monitoring efforts as required by the NFEA impossible. Similarly the extensive nature of the areas limited the scope of bottom surveys, and the efforts to hide the reefs did not constitute facilitating access to the reef by recreational and commercial fishermen as required under NFEA.

The COE denied the permit in April 1999. The COE stated that the applicant still had the opportunity to utilize existing large area permit sites adjacent to those he pro-

posed. The applicant responded that he felt he had been held to much stricter standards than the governmental applicants who had secured permits to other large areas where private individual could hide their artificial reefs. However, the permit decision was not appealed by the applicant.

Regulatory Policy Issue 3:

The failure of the COE artificial reef general permit process in Florida.

For approximately 15 years the COE used a state wide general artificial reef permit process for hundreds of artificial reef permits and permit re authorizations in Florida.

The COE general permit process allows for the rapid processing of a reef permit application without formal public review. In 1999 the COE placed a self-imposed moratorium on the issuing of any new artificial reef general permits in Florida. Although existing general permits would be re authorized by letter for an additional five years, all new permits would be evaluated as individual permits and sent out for public review.

The climate that resulted in the most rapid rate of public reef development in the Gulf of Mexico also contributed to a general reef permitting process breakdown. On the Florida Gulf Coast during the last five years there have been no fewer than 19 coastal counties, six coastal cities, and three nonprofit organizations involved in building reefs and securing permits in both state and federal waters to no fewer than 141 active permitted reef areas. These entities represent a wide range of expertise with greatly varying time, money and resources available to be directed towards reef planning, development, and monitoring. Additionally, the Florida Gulf Coast is covered by two USCG Districts and six COE sub district offices all of whom possess the flexibility to make decisions on a case by case basis. This is in contrast to a fully state run program like Texas where a single state reef coordinator deals with a single Corps contact, a single USCG office and a single NOS contact.

Permits reviewed under the general permit process do not go out for public review as occurs during the individual permit process. As a time saving measure they are reviewed at the lowest level and often not with backup review particularly if in federal waters. Artificial reef permits constitute a fraction of the hundreds of permits each regulator may process annually so a Corps reviewer may not have regular familiarity with artificial reef issues. The permitted sites for logistics reasons are almost never visited as a site inspection because of their offshore location and the workload of the reviewers dealing with other wetlands development issues. In many cases permits were issued without consultation with a nautical chart or requirement for any bottom survey from the applicant, statement of objectives, or plan for monitoring.

The reviewer relies on the accuracy of the information provided by the applicant.

Unfortunately inconsistencies between submitted area drawings and latitude and longitude presented, confusion occurring when both LORAN C and latitude and longitude coordinates are provided and poorly researched applications, combined with transcription errors resulted in the processing of permits based upon of inaccurate or contradictory information.

Permit decisions were based upon receipt of insufficient information. Agencies with a need to know from a regulatory, planning and national security standpoint were not informed of the permits. The result was that the state's own artificial reef program, with no regulatory authority had no idea how many artificial reef permitted areas were in Florida. Permitted areas were not getting to NOS to be properly charted as obstruc-

tions. USCG was not being notified to determine if there were any aids to navigation requirements or if there were other navigational concerns. National defense concerns were not addressed. The result was a series of artificial reefs permitted in safety fairways, dump sites, military restricted areas, on active gas transmission lines, in ship anchorages, submarine approach corridors, and in some areas where aids to navigation should have been used but weren't.

The joint state-COE permit application was designed for wetlands dredge and fill activities and not marine artificial reef projects, thus further contributing to the gathering of insufficient information to make a well informed permit decision.

Following a series of interagency meetings with the COE several process improvements were made. The COE began to send artificial reef permit public notices to all parties who expressed an interest in reviewing and commenting on such projects.

The state reef program was brought into the loop of regular permit review and began tracking artificial reef permit activities statewide. Requests for additional information based upon the requirements of the National Artificial Reef Plan and the National Fishing Enhancement Act were provided to the applicant as an addition to the standard dredge and fill application. The state reef program staff increased communication with COE offices, state regulatory staff, NOS and the USCG.

Conclusions

In the GOM, large areas have been used in federal waters of the OCS for artificial reef planning. They have also been used to speed up the permit process and to allow private citizen involvement in reef building in Alabama and Florida where in recent years private citizens have not been permitted to hold their own reef permits.

Florida has grappled with permitting issues related to multiple regulatory offices dealing with permit requests for a wide range of applicants. The state, with a dual 8000 mile long coastline has a highly urbanized coastal zone in the central and southern portions of the state. A fragmented and decentralized artificial reef program where private citizens, nonprofit organizations, city and county governments rather than the state fisheries management agency control the planning and operational aspects of reef development creates a unique planning and coordination challenge at the state program level. The state's artificial reef program within the Florida Fish and Wildlife Commission as a non regulatory entity must creatively deal with this special challenge. The state reef program must not only promote reef building using the best management practices but work to further enhance communication and coordination among multiple state and federal regulatory offices and the various reef building entities.

Riassunto

Numerose agenzie di controllo statali e federali sono coinvolte nella concessione dei permessi per i siti ove costruire barriere artificiali nel Golfo del Messico. Le concessioni per le barriere artificiali nei cinque stati che si affacciano sul Golfo del Messico (Texas, Louisiana, Mississippi, Alabama e Florida) sono gestite indipendentemente da quattro Distretti di controllo dei Corpi di Ingegneri dell'Esercito americano (USACOE) (all'interno del Ministero delle Difesa), così come da agenzie statali di gestione delle risorse naturali. Inoltre, il Servizio di Gestione dei Minerali (MMS) (nell'ambito del Ministero degli Interni) e due diversi Distretti di Guardie Costiere americane (USCG) (all'interno del Ministero dei Trasporti) sono coinvolte nella revisione dei permessi in relazione rispettivamente a questioni di rilascio di gas e petrolio e alla navigazione. Altre agenzie federali, il cui coinvolgimento nella regolamentazione delle barriere artificiali è specificato nel Piano Nazionale Barriere Artificiali del 1985 (attualmente sotto revisione), comprendono il Servizio Nazionale Pesca Marina, il Servizio Nazionale per gli Oceani (sotto l'egida del Ministero del Commercio), e l'Agenzia di Protezione Ambientale.

Nel Golfo del Messico, i processi normativi per la costruzione di barriere artificiali conducono ad una diversità degli scenari, compresi i programmi controllati dallo stato di collaborazione con l'industria petrolifera per l'utilizzo di "piattaforme dimesse come barriere artificiali" (Louisiana e Texas), i circoli di pesca che controllano i permessi sui siti di barriera (Mississippi), i governi locali costieri che rilasciano i permessi di barriere artificiali (Florida), i soggetti privati che costruiscono le proprie barriere con permessi del governo statale o locale (Florida e Alabama) e ditte commerciali o privati che si procurano da soli i permessi per siti di barriera (Florida).

Lo scopo di questo lavoro è quadruplo: 1) descrivere brevemente le procedure e le responsabilità delle agenzie di controllo che influenzano più duramente lo sviluppo delle barriere artificiali nel Golfo del Messico; 2) confrontare e sottolineare i punti di forza e di debolezza di questi processi per regolamentare le barriere artificiali, che sono stati adattati per interfacciarsi con i programmi di progettazione e sviluppo dei singoli Stati costieri del Golfo; 3) discutere sugli sforzi fatti per migliorare i processi di concessione/regolamentazione negli ultimi anni e 4) identificare le questioni di concessione/regolamentazione per garantire nuove valutazioni.

Y. KOMAI*, C. ITOSU

Department of Marine Science and Technology, Tokyo University of Fisheries,
4-5-7, Konan - Minato-ku, Tokyo 108 - 8477, Japan.

*Tel: +81-3-5463-0629 E-mail: QYM02543@nifty.ne.jp

FOOD ORGANISM PRODUCTION FROM A STEEL ARTIFICIAL REEF AND THE ROLE OF EPIFAUNA

PRODUZIONE DI ORGANISMI EDULI DA PARTE DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE DI ACCIAIO

Abstract

Faunal colonization on two types of artificial reefs is compared. Food organisms for reef fish, which are mostly small vagile animals, were more abundant on a steel artificial reef that was made of reinforcing rods than on a concrete-made reef with flat surfaces. The difference in the secondary production between the reefs is explained by habitat creation effect by sedentary epifauna. The fact that Demospongiae and Cirripedia Sessilia were abundant on the concrete reef suggests the community has been kept in an early stage of succession and thus the secondary production on the reef is lower than on the steel reef. They are scarcely observed in the steel reef because the surface of iron reinforcing rods is round and coil-like. Ascidiacea is dominant among the sedentary epifauna in the steel reef and its density shows a synchronous change with bivalvia and deposit feeding vagile polychaeta densities. Artificial reef structure influences on secondary production in the reef through sedentary epifauna as primary inhabitants. The habitat creation effect by them is, however, not necessarily indispensable for small vagile animals. Pisidia serratifrons, a dominant among the food organisms seemed to be independent on the effects. Habitat suitability in terms of artificial reef design should be considered from the aspect of physical characteristics such as water flows, as well as from the aspects of bio-chemical interactions between species.

Key-words: *inhabitant system, secondary production, Pisidia serratifrons.*

Introduction

In coastal zones where natural habitats are damaged by industrial development, commercial fish production, and so the commercial catch, may be reduced by the absence of suitable habitat for secondary producers to recycle nutrients through the food chain. To promote nutrient recycling through food webs and into commercial fish catch, artificial reefs are expected to contribute habitat for secondary producers.

To enhance the secondary production in artificial reefs, it is necessary for the reefs to be a suitable habitat for organisms that are prey for reef fish. The authors monitored faunal colonization on two types of artificial reefs: one, a newly developed steel reef with various sized spaces within the structure that is made of iron reinforcing rods, the other is a solid concrete reef with flat surfaces. Although the monitoring surveys are preliminary, some results are presented to examine the habitat suitability of the two artificial reefs.

Materials and methods

Artificial reef

To increase the surface area and the various sized 'micro-spaces', raise water vortices and thus promote settlement of larvae, iron reinforcing rods (D51 and D32) and

high polymeric fibrous material (hereafter referred to as HPFM) were assembled into skeletal structure with lots of spirals (The reef is hereafter referred to as SPR). HPFM, a porous medium consisting of a synthetic fiber with a diameter of 2 mm, was expected to provide a habitat for small animals. Surface area of the steel bars is 58 m^2 per reef unit while volume of the attached HPFM is 0.72 m^3 . A SPR is a flat hexagon of one meter height, 8 meter diameter and 42 m^3 volume (Fig. 1). Steel meshes were attached on the frames to provide a substratum for algae settlement, in order to create a habitat for shade-loving organisms and a hiding space for juvenile fish.

Study area

Three SPRs were installed about 500 meters offshore of Onoda City, Yamaguchi Prefecture, in August 1997, in 3-4 meters depth of water (Fig. 2). In an adjacent area, 13 concrete reefs (hereafter referred to as CCRs) had been installed by the Onoda Fishing Cooperatives in 1986. Water transparency in the area was below 1 m and there were no macroalgae settlement on the existing concrete reefs, so authors gave up to test algae settlement effects of the SPR. One CCR and one SPR were selected and monitored (the other two SPRs and eight CCRs are not shown in Fig. 2). The exact deployment date of the CCR is unknown.

Monitoring

Faunal colonization surveys were carried out in December 1997 (SV-1), May 1998 (SV-2), October 1998 (SV-3), February 1999 (SV-4) and January 2000 (SV-5). Fish catch surveys and gut contents analysis were also carried out but their results are not included in this study.

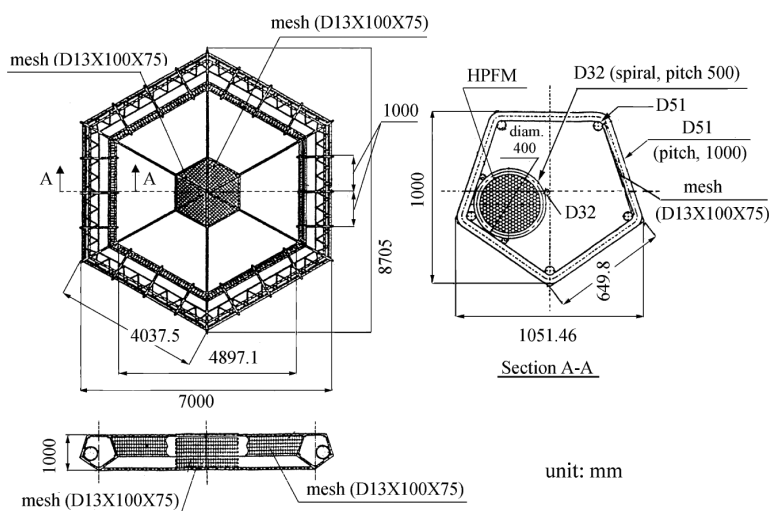


Fig. 1 - Major dimension of the SPR.
Principali dimensioni della SPR.

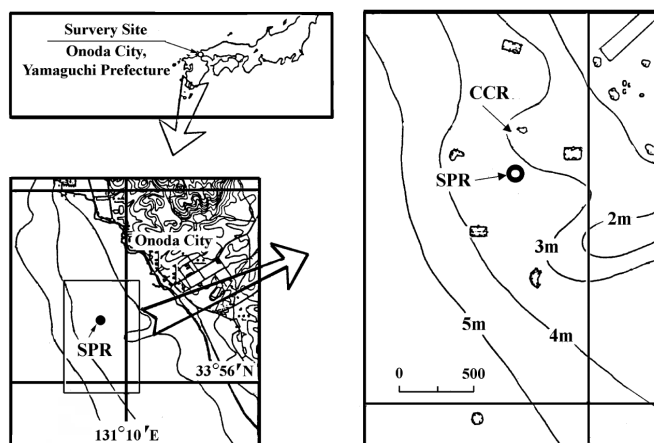


Fig. 2 – Study site.
Sito di studio.

1) Surface of the reefs

Epifauna were collected from an area of 0,1 m² from the upper part of the reefs. Surfaces were scraped clear and the material washed on a sieve of 1 mm mesh size. One sample each for the reefs was collected in each survey, along a transect heading into the prevailing current. After fixation in 10% formalin, the number of species, number of individuals and wet weight were recorded.

2) HPFM

Six cylindrical test sections of 0,016 m³ each were installed inside the SPR in Survey 1 (The size of the test section is different from the basic design). One test section adjacent to the sampled reef surface was collected, and animals in it were recorded using the same method as above. In Survey 4, however, all the remaining test sections were lost. Collected test sections were only two pieces in Surveys 1 and 2.

Food organism production on artificial reef

Authors considered Amphipoda, Isopoda, Decapoda, Bivalvia, Gastropoda, Ophiuroidea, Echinozoa, Pycnogonida and Polychaeta (except Sabellida) as food organisms for reef fish, considering the results of the fish catch surveys and gut content analysis. A turnover rate of 3.4 (a reciprocal number of turnover time) was assumed for micro benthic animals of which wet weight is less than 0.5g (Tamai, 1996), i.e., the ratio of yearly production rate to yearly averaged biomass.

Fish production by artificial reef

There are few quantitative parameters relating to fish growth except for the growth ratio (defined as the ratio of food weight to fish weight increase) in commercial aquaculture. *Sebastes inermis*, which was commonly found around the artificial reef, is ovoviviparous and therefore is thought to be strongly dependent on prey abundance for its growth and production. The growth ratio of *Sebastes inermis* differs with fish size: 3,4 for 2-8 g size and 4,6 for >20 g size (Hatanaka and Iizuka, 1962). These two ratios were employed to calculate the production of *Sebastes inermis* on the two reefs.

Results

Faunal Colonization

Temporal changes in number of species, number of individuals and wet weight of total animals are shown in Fig. 3, 4 and 5, respectively. Numbers in brackets show the total of the food organisms. Tab. 1(A) to (E) show the colonized fauna by dominance, by number of individuals and wet weight. The tables show Sabellida and other Polychaeta separately.

Although only five survey results are available, Decapoda species were significantly more abundant around the SPR than the CCR (using Wilcoxon's paired rank test, both by wet weight and number of individuals). Other groups changed dynamically in their numbers and weight around the reefs.

Pisidia serratifrons was dominant among the Decapoda through the surveys except in CCR SV-2 when the species was not observed at all. Amphipoda in SPR SV-2

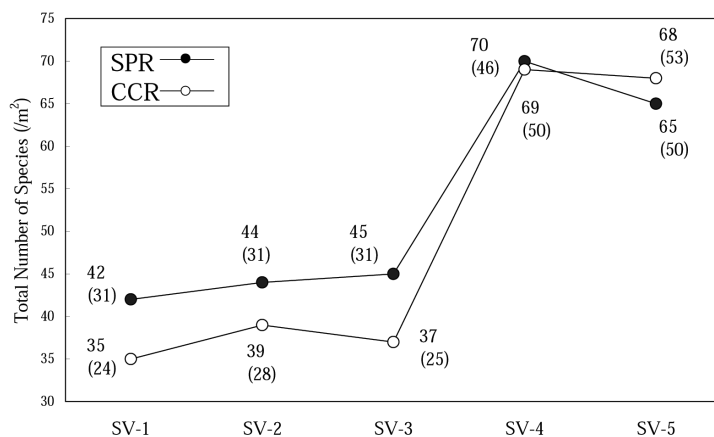
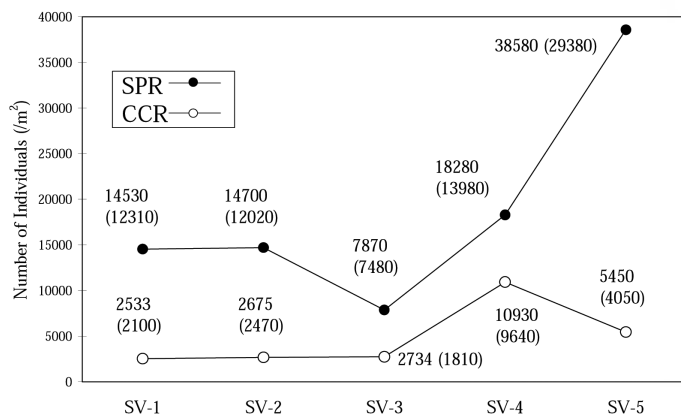


Fig. 3 – Temporal change in total number of species.

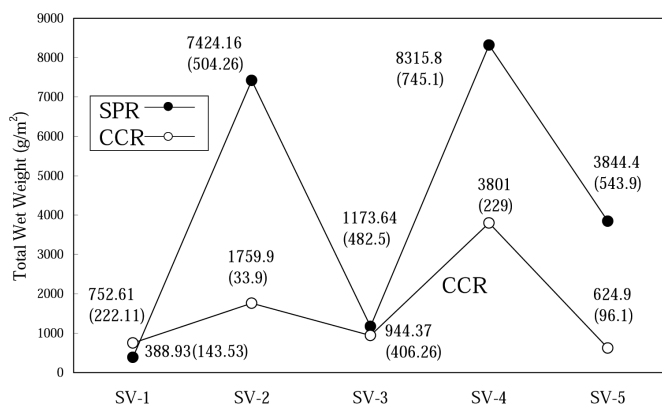
Variatione temporale del numero di specie.



*Numbers in brackets shows the total of food organisms

Fig. 4 – Temporal change in total number of individuals.

Variatione temporale del numero degli individui.



*Numbers in brackets shows the total of food

Fig. 5 – Temporal change in total wet weight.

Variatione temporale nel peso umido totale.

decreased remarkably (only 20 individuals of *Caprella scaura diceros*), and were absent in CCR SV2, while HPFM had abundant Amphipoda in both surveys.

Secondary production on the reefs

Production of the food organisms is summarized in Tab. 2, in wet weight per year per unit of the reefs, using average values of biomass during the survey. The SPR's surface area is about 58 m² while CCR's is about 52.25 m². Tab. 2 also shows production of *Sebastes inermis* in case that 50% of the epifauna was utilized by the species. As a reef unit, the SPR was superior to the CCR in terms of food organism production.

Discussion

Role of sedentary epifauna

Mukai (1992) has presented the concept of the “inhabitant system” where the primary inhabitants on abiotic structures create secondary habitats for secondary inhabitants and this process synthesizes community structure, as well as trophic relations. Demospongiae, Ascidiacea, Cirripedia Sessila, Hydrozoa, Anthozoa and Sabellida in this study are sedentary animals that attach themselves to reefs, and thus they are considered as primary inhabitants in the two artificial reefs. They are expected to influence on the habitation and production of the food organisms that are mostly vagile small animals. The total wet weight of the sedentary epifauna increased remarkably on the reefs in SV-2 and SV-4, but their effects on the food organisms are different among the reefs. Fig. 2 shows that the increase of sedentary epifauna in the CCR did not lead to the food organism increases by wet weight, while in the SPR their increase were attended with the food organism increases.

In the CCR of which surface is flat, however, the habitat creation effects by the sedentary epifauna is thought to be important for the small vagile animals. Fig. 6 shows that Amphipoda population shows the same change as wet weight of Demospongiae, and that Isopoda, vagile Polychaeta, Bivalvia, Gastropoda and Ophiuroidea increased remarkably with sedentary epifauna densities at SV-4. The reason for lesser production of the food organisms on the CCR may be explained by the difference of species

of sedentary epifauna between the reefs. Among the sedentary epifauna on the CCR, Demospongiae and Cirripedia were dominant and both they are usually observed in an early stage of succession. The fact that the CCR of which deployment was earlier than the SPR had abundance of them suggests the CCR community is repeating to reset the succession and therefore less productive.

In the SPR, Ascidiacea was dominant in SV-2 and SV-4, whereas Demospongiae was dominant in the CCR. Demospongiae were observed in the SPR only at SV-4, and its density was only 1.6 g/m². Cirripedia was also scarce on the SPR (6.0 g/m² in SV-3 and 4.7 g/m² in SV-5). The reason for their scarcity on the SPR is the shape of the reinforcing rods. It is known that on the surface of ropes or jagged structures Cirripedia growth is limited when compared to Ascidiacea, because Cirripedia extend their attaching shell plates along the surface while Ascidiacea grows wrapping the attached substrata (Kajiwaru and Hirano, 1973). The coil-like and round surface of the rods primarily influences on their adhesion because both the species are commonly observed in iron sheet-piles of marine structures and thus material itself is thought not to be a critical factor. They are supposed to fall down from the curved surface of the iron reinforcing rods before they grow into a massive bed.

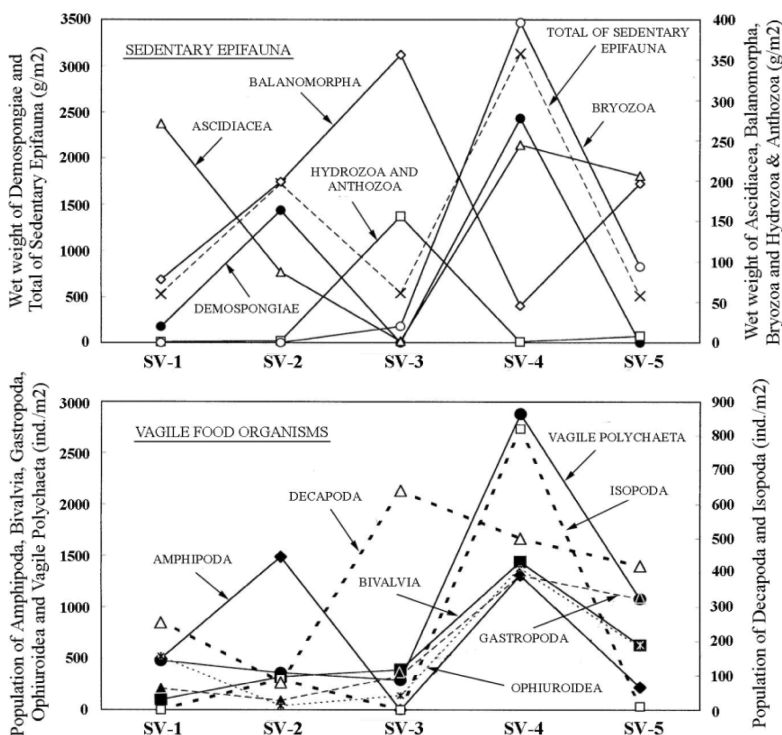


Fig. 6 – Temporary change in wet weight of sedentary epifauna and population of major food organism on CCR.

Variazione temporale nel peso umido dell'epifauna sedentaria e popolazione dei principali organismi eduli sulla CCR.

The dominant sedentary epifauna in the SPR, Ascidiacea shows a synchronous change with deposit feeding vagile polychaeta and bivalvia (Fig. 7). Ascidiacea may provide extra surface stability for settling bivalves on the SPR surface because it is thought to be difficult for bivalves to keep themselves effectively on the curved surface of the iron rods. Some species of Phylodocidae and Nereididae are often reportedly observed among Ascidiacea. The increase of Ascidiacea contributes to increase the densities of Bivalvia and Polychaeta on the SPR. *Pisidia serratifrons*, however, decreased when Ascidiacea increased (Tab. 1). In SV-1, population of the species was 3700/m² while wet weight of Ascidiacea was 193 g/m², and then the species population decreased to 1080/m² and Ascidiacea wet weight increased to 6821.9 g/m² in SV-2. In SV-3, the species population again increased to 5660/m² and wet weight of Ascidiacea decreased to 144.5 g/m². In SV-3 and SV-4, the species population was 2360/m² and 9980/m² while the wet weight of Ascidiacea was 5607 g/m² and 539.8 g/m², respectively. The reason for this phenomenon is supposed not to be a chemical one because in HPFM the species increased when Ascidiacea and other sedentary epifauna increased (Tab. 2). The species seems to be independent from the effects of habitat creation

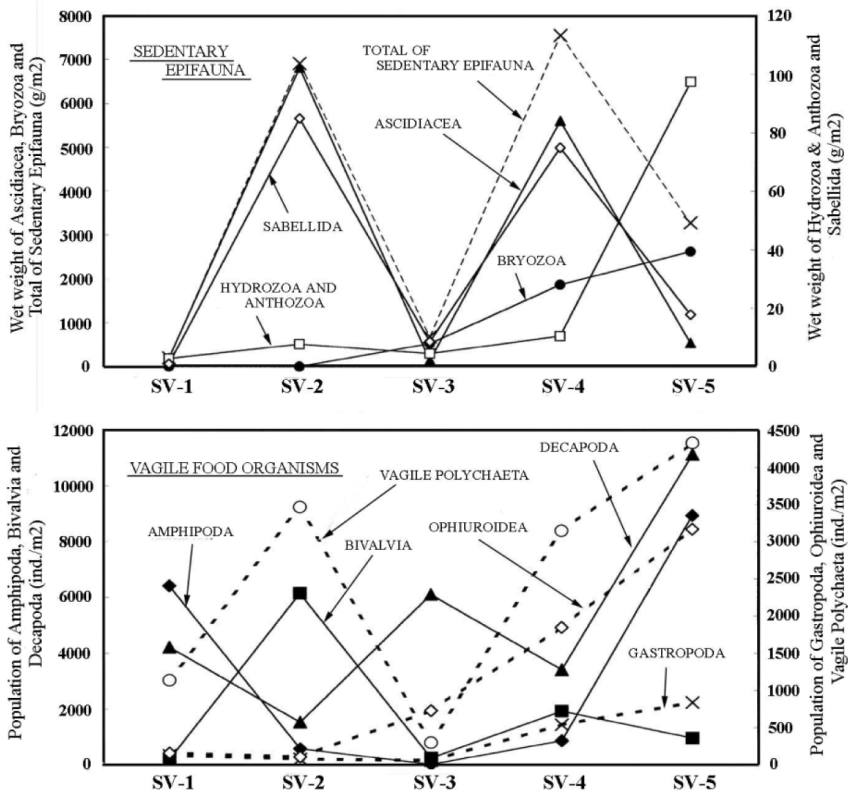


Fig. 7 – Temporary change in wet weight of sedentary epifauna and population of major food organism on SPR.

Variatione temporale nel peso umido dell'epifauna sedentaria e popolazione dei principali organismi eduli sulla SPR.

by Ascidiacea in the SPR. The species was dominant among both the Decapoda and vagile food organisms and was very abundant in the SPR SV-1 when the densities of sedentary epifauna was the least during the survey. The higher secondary production in the SPR is because of these three reasons: the scarcity of Demospongiae and Cirripedia that prevent a reef community from succession to maturity, the abundance of Ascidiacea as a suitable habitat for vagile polychaeta and bivalvia, and the dominant food organism (*Pisidia serratifrons*) was independent from the habitat creation effects by the sedentary epifauna. Artificial reef structure influences on secondary production in the reef community through the habitat creation effects by sedentary epifauna as primary inhabitants, but the effects are not necessarily indispensable for habitation of some species, nor critically negative for some species. A variety of functions of the spaces within the SPR is the reason for higher secondary production on average when compared to the CCR.

Tab. 1(A) – Dominance of fauna in SV-1, by number of individuals and wet weight.

Dominanza della fauna nella SV-1, per numero di individui e peso umido.

SPR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
AMPHIPODA	6420	44,18	ASCIDIACEA	193,00	49,62
DECAPODA 1)	4220	29,04	DECAPODA 3)	94,80	24,37
ASCIDIACEA	1200	8,26	OPHIUROIDEA & ASTEROIDEA	34,40	8,84
POLYCHAETA	1140	7,85	GASTROPODA	20,30	5,22
TURBELLARIA	830	5,71	AMPHIPODA	13,31	3,42
BIVALVIA	210	1,45	TURBELLARIA	13,50	3,47
OPHIUROIDEA & ASTEROIDEA	170	1,17	POLYCHAETA	11,02	2,83
GASTROPODA	130	0,89	ANTHOZOA	2,80	0,72
ANTHOZOA	80	0,55	OSTEICHTHYES(<i>Parablemnus yatabei</i>)	1,90	0,49
SABELLIDA	50	0,34	ISOPODA	1,70	0,44
OTHERS 2)	80	0,55	Others 4)	2,20	0,57
TOTAL	14530	100,00	TOTAL	388,93	100,00
1) <i>Pisidia serratifrons</i> : 3700/m ² , 25.46% of total 2) Others : NEMERTINEA: 40, ISOPODA: 20, OSTEICHTHYES(<i>Parablemnus yatabei</i>) : 10 ECHINOIDEA: 10					
3) <i>Pisidia serratifrons</i> : 72g/m ² , 18.5% 4) Others: SABELLIDA: 1, ECHINOIDEA 0.7, BIVALVIA: 0.3, NEMERTINEA: 0.2					
CCR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
POLYCHAETA	480	18,95	ASCIDEACEA	271,30	36,05
OPHIUROIDEA	520	20,53	DEMOSPONGIAE	176,00	23,39
AMPHIPODA	500	19,74	ECHINOIDEA	172,60	22,93
DECAPODA 5)	260	10,26	BALANOMORPHA	78,40	10,42
GASTROPODA	210	8,29	OPHIUROIDEA	14,10	1,87
BALANOMORPHA	160	6,32	GASTROPODA	11,50	1,53
BIVALVIA	100	3,95	DECAPODA 7)	9,30	1,24
TURBELLARIA	100	3,95	BIVALVIA	8,71	1,16
SABELLIDA	90	3,55	POLYCHAETA	5,00	0,66
ANTHOZOA	60	2,37	TURBELLARIA	1,70	0,23
OTHERS 6)	53	2,09	OTHERS 8)	4,00	0,53
TOTAL	2533	100	TOTAL	752,61	100,00
5) <i>Pisidia serratifrons</i> : 140/m ² , 5.52% of total 6) Others : ECHINOIDEA:30, ASCIDEACEA : 20, BRYOZOA : 2, DEMOSPONGIAE : 1					
7) <i>Pisidia serratifrons</i> : 3.3g/m ² , 0.44% of total 8) Others : SABELLIDA : 1.6, ANTHOZOA : 1.2, AMPHIPODA : 0.9, BRYOZOA : 0.3					

Tab. 1(B) - Dominance of fauna in SV-2, by number of individuals and wet weight.

Dominanza della fauna nella SV-2, per numero di individui e peso umido.

HPFM					
(number of individuals)	ind/0.016 m ³	%	(wet weight)	g/0.016 m ³	%
AMPHIPODA	2277	75,75	ASTEROIDEA	12,56	27,54
BIVALVIA	485	16,13	AMPHIPODA	8,40	18,42
GASTROPODA	67	2,23	BIVALVIA	6,79	14,89
DECAPODA 16)	62	2,06	BRYOZOA	6,65	14,58
POLYCHAETA	60	2,00	DECAPODA 18)	5,95	13,05
ECHIURA(Urecliidae spp.)	38	1,26	GASTROPODA	3,05	6,69
ASTEROIDEA	6	0,20	OSTEICHTHYES(<i>Pholis crassispina</i>)	1,25	2,74
NEMERTINEA	4	0,13	POLYCHAETA	0,56	1,23
SABELLIDA	3	0,10	ASCIDEACEA	0,17	0,37
OTHERS 17)	4	0,13	OTHERS 19)	0,22	0,48
TOTAL	3006	100,00	TOTAL	45,60	100,00
16) <i>Pisidia serratifrons</i> : 40/m ² , 1.33% of total			18) <i>Pisidia serratifrons</i> : 3.76g/m ² , 8.25% of total		
17) Others : 1 each for OSTEICHTHYES(<i>Pholis crassispina</i>), ASCIDIACEA, BRYOZOA and HYDROZOA			19) Others : ECHIURA(Urechiidae spp.): 0.11, HYDROZOA: 0.06		

SPR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
BIVALVIA	6150	41,84	ASCIDIACEA	6821,90	91,89
POLYCHAETA	3470	23,61	BIVALVIA	269,80	3,63
DECAPODA 9)	1530	10,41	POLYCHAETA	132,21	1,78
SABELLIDA	1150	7,82	DECAPODA 10)	86,80	1,17
ASCIDIACEA	1110	7,55	SABELLIDA	85,00	1,14
AMPHIPODA	580	3,95	GASTROPODA	11,60	0,16
NEMERTINEA	360	2,45	HYDROZOA & ANTHOZOA	7,70	0,10
OPHIUROIDEA	110	0,75	NEMERTINEA	3,90	0,05
ISOPODA	100	0,68	AMPHIPODA	2,75	0,04
GASTROPODA	80	0,54	BRYOZOA	1,10	0,01
HYDROZOA & ANTHOZOA	40	0,27	OPHIUROIDEA	0,9	0,01
TURBELLARIA	20	0,14	OTHERS 11)	0,50	0,01
TOTAL	14700	100,00	TOTAL	7424,16	100,00
9) <i>Pisidia serratifrons</i> : 1080/m ² , 7.35% of total			10) <i>Pisidia serratifrons</i> : 29.1g/m ² , 0.39% of total		
			11) Others : TURBELLARIA: 0.3, ISOPODA: 0.2		

CCR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
AMPHIPODA	1490	55,70	DEMOSPONGIAE	1434,40	81,50
POLYCHAETA	360	13,46	BALANOMORPHA	199,40	11,33
BIVALVIA	320	11,96	ASCIDIACEA	87,50	4,97
GASTROPODA	90	3,36	DECAPODA 14)	10,50	0,60
BALANOMORPHA	90	3,36	AMPHIPODA	7,80	0,44
ISOPODA	90	3,36	BIVALVIA	6,20	0,35
DECAPODA 12)	80	2,99	GASTROPODA	6,00	0,34
CRINOIDEA(Comatulida sp.)	50	1,87	HYDROZOA & ANTHOZOA	2,20	0,13
OPHIUROIDEA	40	1,50	POLYCHAETA	2,10	0,12
TURBELLARIA	30	1,12	SABELLIDA	1,40	0,08
OTHERS 13)	35	1,31	OTHERS 15)	2,40	0,14
TOTAL	2675	100,00	TOTAL	1759,90	100,00
12) <i>Pisidia serratifrons</i> : 0/m ² , 0% of total			14) <i>Pisidia serratifrons</i> : 0g/m ² , 0% of total		
13) Others : SABELLIDA : 20, NEMERTINEA : 10, HYDROZOA & ANTHOZOA : 2, 1 each for ASCIDEACEA, BRYOZOA and DEMOSPONGIAE			15) Others : OPHIUROIDEA: 1.2, TURBELLARIA : 0.7, BRYOZOA : 0.2, 0.1 each for CRINOIDEA, NEMERTINEA and ISOPODA		

Tab. 1(C) - Dominance of fauna in SV-3, by number of individuals and wet weight.
Dominanza della fauna nella SV-3, per numero di individui e peso umido.

SPR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
DECAPODA 20)	6110	77,64	BRYOZOA	527,11	44,91
OPHIUROIDEA	730	9,28	DECAPODA 22)	223,80	19,07
POLYCHAETA	300	3,81	ECHINOIDEA	158,00	13,46
BIVALVIA	250	3,18	ASCIDIACEA	144,50	12,31
SABELLIDA	160	2,03	GASTROPODA	57,52	4,90
BALANOMORPHA	110	1,40	OPHIUROIDEA	29,80	2,54
HYDROZOA & ANTHOZOA	60	0,76	SABELLIDA	8,62	0,73
GASTROPODA	60	0,76	BIVALVIA	7,70	0,66
ASCIDIACEA	40	0,51	BALANOMORPHA	6,00	0,51
AMPHIPODA	20	0,25	POLYCHAETA	5,67	0,48
OTHERS 21)	30	0,38	OTHERS 23)	4,92	0,42
TOTAL	7870	100,00	TOTAL	1173,64	100,00
20) <i>Pisidia serratifrons</i> : 5660/m ² , 71.92%			22) <i>Pisidia serratifrons</i> : 190.5g/m ² , 16.23% of total		
21) Others : 10 each for ACROTRETIDA(Discinisca sp.), ECHINOIDEA and TURBELLARIA			23) Others : HYDROZOA & ANTHOZOA: 4.5, ACROTRETIDA(Discinisca sp.): 0.4, 0.01 each for AMPHIPODA and TURBELLARIA		

CCR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
BALANOMORPHA	760	27,80	BALANOMORPHA	356,50	37,75
DECAPODA 24)	640	23,41	ECHINOIDEA	309,00	32,72
BIVALVIA	390	14,26	HYDROZOA & ANTHOZOA	156,60	16,58
GASTROPODA	330	12,07	BIVALVIA	39,31	4,16
POLYCHAETA	290	10,61	POLYCHAETA	17,91	1,90
OPHIUROIDEA	140	5,12	BRYOZOA	20,30	2,15
SABELLIDA	70	2,56	DECAPODA 26)	19,62	2,08
HYDROZOA & ANTHOZOA	42	1,54	GASTROPODA	11,61	1,23
ECHINOIDEA	20	0,73	OPHIUROIDEA	8,81	0,93
OTHERS 25)	52	1,90	OTHERS 27)	4,71	0,50
TOTAL	2734	100,00	TOTAL	944,37	100,00
24) <i>Pisidia serratifrons</i> : 400/m ² , 14.63% of total			26) <i>Pisidia serratifrons</i> : 9.4g/m ² , 1% of total		
25) Others :20 each for ACROTRETIDA(Discinisca sp.) and TURBELLARIA, ASCIDEACEA : 10, BRYOZOA : 2			27) Others : SABELLIDA : 2.2, ASCIDEACEA : 2.1, TURBELLARIA : 0.4, ACROTRETIDA(Discinisca sp.) : 0.01		

HPFM					
(number of individuals)	ind/0.016 m ³	%	(wet weight)	g/0.016 m ³	%
AMPHIPODA	700	41,37	DECAPODA 30)	30,18	46,83
DECAPODA 28)	575	33,98	GASTROPODA	9,37	14,54
BALANOMORPHA	217	12,83	BALANOMORPHA	7,86	12,20
GASTROPODA	95	5,61	OPHIROIDEA & ASTEROIDEA	4,98	7,73
BIVALVIA	36	2,13	HYDROZOA & ANTHOZOA	4,32	6,70
POLYCHAETA	15	0,89	BRYOZOA	4,20	6,52
HYDROZOA & ANTHOZOA	15	0,89	AMPHIPODA	1,41	2,19
OPHIUROIDEA & ASTEROIDEA	10	0,59	ASCIDEACEA	0,85	1,32
TURBELLARIA	8	0,47	SABELLIDA	0,52	0,81
PYCNOGONIDA(<i>Phoxichilidiidae</i> sp.)	7	0,41	OSTEICHTHYES(<i>Tridentiger trigonocephalus</i>)	0,34	0,53
BRYOZOA	4	0,24	BIVALVIA	0,20	0,31
SABELLIDA	3	0,18	POLYCHAETA	0,08	0,12
ISOPODA	3	0,18	TURBELLARIA	0,06	0,09
OTHERS 29)	4	0,24	OTHERS 31)	0,07	0,11
TOTAL	1692	100,00	TOTAL	64,44	100,00
28) <i>Pisidia serratifrons</i> : 421/m ² , 24.88% of total			30) <i>Pisidia serratifrons</i> : 18.45g/m ² , 28.63% of total		
29) Others : ASCIDIACEA: 2, 1 each for CRINOIDEA(Comatulida sp.) and OSTEICHTHYES(<i>Tridentiger trigonocephalus</i>)			31) Others : CRINOIDEA(Comatulida sp.) : 0.05, PYCNOGONIDA (<i>Phoxichilidiidae</i> sp.): 0.02, ISOPODA: 0.01		

Tab. 1(D) - Dominance of fauna in SV-4, by number of individuals and wet weight.

*Dominanza della fauna nella SV-4, per numero di individui e peso umido.**segue tabella 1(D)*

SPR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
POLYCHAETA	3150	17,23	ASCIDIACEA	5607,00	67,43
DECAPODA 32)	3410	18,65	BRYOZOA	1869,20	22,48
ANTHOZOA	2770	15,15	DECAPODA 34)	294,70	3,54
ISOPODA	2230	12,20	GASTROPODA	206,20	2,48
BIVALVIA	1930	10,56	BIVALVIA	83,50	1,00
OPHIUROIDEA	1850	10,12	POLYCHAETA	81,80	0,98
AMPHIPODA	870	4,76	SABELLIDA	75,00	0,90
SABELLIDA	1060	5,80	OPHIUROIDEA	70,20	0,84
GASTROPODA	540	2,95	ANTHOZOA	10,50	0,13
ASCIDIACEA	220	1,20	ISOPODA	5,00	0,06
OTHERS 33)	250	1,37	OTHERS 35)	12,70	0,15
TOTAL	18280	100,00	TOTAL	8315,80	100,00
32) <i>Pisidia serratifrons</i> : 2360/m ² , 12.91% of total			34) <i>Pisidia serratifrons</i> : 102.1g/m ² , 1.23% of total		
33) Others : TURBELLARIA: 150, NEMERTINEA : 80, 10 each for ACROTRETIDA(Discinisca sp.) and CRINOIDEA (Isocrinida sp.)			35) Others : TURBELLARIA : 4.2, AMPHIPODA : 3.7, NEMERTINEA : 1.9, DEMOSPONGIAE : 1.6, CRINOIDEA (Isocrinida sp.) : 1, ACROTRETIDA(Discinisca sp.) : 0.3		

CCR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
POLYCHAETA	2880	26,35	DEMOSPONGIAE	2429,60	63,92
OPHIUROIDEA & ASTEROIDEA	1440	13,17	OPHIUROIDEA & ASTEROIDEA	478,80	12,60
BIVALVIA	1440	13,17	BRYOZOA	396,30	10,43
AMPHIPODA	1310	11,99	ASCIDIACEA	244,90	6,44
GASTROPODA	1310	11,99	GASTROPODA	66,60	1,75
ISOPODA(<i>Janiropsis longianthennata</i>)	820	7,50	BIVALVIA	51,70	1,36
SABELLIDA	620	5,67	BALANOMORPHA	45,70	1,20
DECAPODA 36)	500	4,57	POLYCHAETA	35,60	0,94
TURBELLARIA	230	2,10	DECAPODA 38)	27,20	0,72
ASCIDIACEA	190	1,74	SABELLIDA	13,20	0,35
BALANOMORPHA	130	1,19	AMPHIPODA	4,20	0,11
OTHERS 37)	60	0,55	OTHERS 39)	7,20	0,19
TOTAL	10930	100,00	TOTAL	3801,00	100,00
36) <i>Pisidia serratifrons</i> : 390/m ² , 3.57% of total			38) <i>Pisidia serratifrons</i> : 17.5g/m ² , 0.46% of total		
37) Others : HYDROZOA & ANTHOZOA : 50, NEMERTINEA : 10			39) Others : TURBELLARIA : 3.8, ISOPODA(<i>Janiropsis longianthennata</i>): 2.2, HYDROZOA & ANTHOZOA : 1.2		

SPR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
DECAPODA 40)	11130	28,85	BRYOZOA	2627,80	68,35
AMPHIPODA	8950	23,20	ASCIDIACEA	539,80	14,04
HYDROZOA & ANTHOZOA	7780	20,17	DECAPODA 41)	339,40	8,83
POLYCHAETA	4330	11,22	HYDROZOA & ANTHOZOA	97,50	2,54
OPHIUROIDEA	3170	8,22	OPHIUROIDEA	72,40	1,88
BIVALVIA	960	2,49	GASTROPODA	71,40	1,86
GASTROPODA	840	2,18	POLYCHAETA	34,10	0,89
SABELLIDA	560	1,45	SABELLIDA	17,80	0,46
ASCIDEACEA	530	1,37	AMPHIPODA	16,70	0,43
TURBELLARIA	150	0,39	BIVALVIA	9,90	0,26
NEMERTINEA	110	0,29	NEMERTINEA	9,50	0,25
BALANOMORPHA	70	0,18	OTHERS 42)	8,10	0,21
TOTAL	38580	100,00	TOTAL	3844,40	100,00
40) <i>Pisidia serratifrons</i> : 9980/m ² , 25.87% of total			41) <i>Pisidia serratifrons</i> : 269.5g/m ² , 7.01% of total		
			42) Others : BALANOMORPHA : 4.7, TURBELLARIA : 3.4		

CCR					
(number of individuals)	ind/m ²	%	(wet weight)	g/m ²	%
POLYCHAETA	1080	19,82	ASCIDIACEA	206,50	33,05
GASTROPODA	1080	19,82	BALANOMORPHA	197,00	31,53
BIVALVIA	630	11,56	BRYOZOA	93,90	15,03
OPHIUROIDEA & ASTEROIDEA	620	11,38	OPHIUROIDEA & ASTEROIDEA	26,90	4,31
TURBELLARIA	540	9,91	GASTROPODA	24,60	3,94
BALANOMORPHA	420	7,71	BIVALVIA	24,20	3,87
DECAPODA 43)	420	7,71	TURBELLARIA	20,50	3,28
SABELLIDA	230	4,22	DECAPODA 45)	11,30	1,81
AMPHIPODA	220	4,04	POLYCHAETA	9,40	1,50
ACROTRETIDA	80	1,47	ANTHOZOA	8,00	1,28
NEMERTINEA	50	0,92	SABELLIDA	1,70	0,27
OTHERS 44)	80	1,47	OTHERS 46)	0,80	0,13
TOTAL	5450	100,00	TOTAL	624,80	100,00

43) *Pisidia serratifrons* : 230/m², 4.22% of total 45) *Pisidia serratifrons* : 1.8g/m², 0.29% of total
 44) Others : ANTHOZOA : 40, ASCIDEACEA : 30 46) Others : DEMOSPONGIAE :0.4, 0.2 each for AMPHIPODA and NEMERTINEA, ACROTRETIDA(*Discinisca* sp.): 0.1
 ISOPODA: 10

Role of HPFM

The HPFM attachment is also thought to function as a part of the variety. Amphipoda, in SV-2, when they were more abundant in the CCR than in the SPR, 2277 individuals (8,4g wet weight) of 11 species per 0,016m³ were observed in HPFM. In SV-3, when Amphipoda were absent in the CCR and only 20 individuals of one species (*Caprella scaura diceros*) were observed in SPR, 700 individuals (1,41 g wet weight) of 9 species per 0,016m³ were recorded in HPFM. The test sections were made of fibrous material 2 mm in diameter and the abundant ‘micro-spaces’ made by the fiber are supposed to be a refuge for Amphipoda because fish aggregated around the reefs can not insert their mouths into the attachment.

If Amphipoda reproduce in HPFM even when they are ‘eaten out’ on the reefs’ surface, and, considering that larval supplies from distant reefs are influenced by currents and thus unstable, it is effective artificial reef design to keep a larval supplier inside the reef itself. Regarding the larvae supply, however, detailed survey of currents and other flows in the area is required. Studied reefs are surrounded by concrete reefs and their influence in larvae supply should be examined to test the results presented here.

Adding to the habitat creation effects by sedentary epifauna, it is thought to be that microalgae on the reef surface might influence on dynamics of grazers such as Echinozoa, other deposit feeding benthos and their predators, though it was excluded in the surveys in this study.

Conclusions

“Inhabitant system” (Mukai, 1992) is of course an integration of each species-specific relations, but the reasons for that the SPR and HPFM had abundant food organi-

Tab. 2 - Production of food organism and *Sebastes inermis* in the SPR, CCR and HPFM.

Produzione di organismi eduli e di Sebastes inermis in SPR, CCR e HPFM.

	Average biomass of food organisms (g/m ²)	Biomass per unit reef (g/reef)	Production per unit reef (g/reef/yr)	Utilization per unit reef (g/reef/yr)	Production of <i>Sebastes inermis</i> per unit reef per year
SPR	483,86	28063,88	95417,19	47708,60	14.03kg(2-8g size), 10.37kg (>20g size)
CCR	197,47	10317,81	35080,55	17540,27	5.16kg(2-8g size), 3.81kg (>20g size)
	Average biomass per test section (g/0.72m ²)	Biomass per unit reef (g/reef)	Production per unit reef (g/reef/yr)	Utilization per unit reef (g/reef/yr)	Production of <i>Sebastes inermis</i> per unit reef per year
HPFM	1489,05	8934,30	30376,62	15188,31	4.47kg (2-8g size), 3.30kg(>20g size)

sms are supposed to be very simple physical ones when considered their function as an settling substrata for sedentary epifauna and a refuge from predators. To promote studying physical factors in habitat suitability, the authors would like to emphasize the importance of considering the physical aspects of water movement on and around artificial structures. The fact that the SPR had the highest ratio of wet weight of food organisms to the total in SV-1 indicates that there may be a spatial suitability that will be decided directly by physical characteristics of the abiotic structure to a certain extent. The SPR has a round and coil-like surface and there may be suitable boundary layers or turbulent flows just above the reef surface that benefit small mobile animals (*Pisidia serratifrons* is a feeder of suspended and deposited matter). If the need to provide turbulent water flow close to a reef can be quantified, it will contribute to both artificial reef design and explaining community structure in natural reefs. Though it is well known that boundary layer and turbulence in small scale play important roles for planktonic organisms (Saiz *et al.*, 1992, for example), there are few studies on benthos and water flows on a micro scale. Turbulent flows and their role in marine ecosystem require advances in hydraulics itself, but basic understandings for life histories and settling processes of the small sized benthos are indispensable as well. Cooperative works among the researchers in biology and hydraulics fields is required.

Riassunto

È stata confrontata la colonizzazione da parte della fauna su due tipi di barriera artificiale. Gli organismi utilizzabili come cibo per i pesci di barriera, che sono principalmente piccoli animali vagili, sono più abbondanti su una barriera artificiale di acciaio dotata di sbarre di rinforzo piuttosto che su di una barriera di calcestruzzo con superfici piate. La differenza nella produzione secondaria tra le barriere è spiegabile con l'effetto dovuto alla creazione dell'habitat da parte dell'epifauna sedentaria. Il fatto che le Demosponge e i Cirripedi sessili siano abbondanti sulla barriera di calcestruzzo suggerisce che la comunità è stata mantenuta in uno stadio precoce della successione e perciò la produzione secondaria sulla barriera è inferiore rispetto a quella della barriera di acciaio. Queste specie sono state osservate con poca frequenza sulla barriera di acciaio poiché la superficie delle sbarre metalliche è tonda e a spirale. Gli Ascidiacei sono dominanti tra l'epifauna sedentaria della barriera di acciaio e la loro densità mostra un ricambio sincrono con la densità dei Bivalvi e dei Policheti vagili detritivori. La struttura delle barriere artificiali influenza la produzione secondaria della barriera stessa attraverso l'epifauna sedentaria come abitanti primari. L'effetto dovuto alla creazione dell'habitat da parte loro, comunque, non è necessariamente indispensabile per i piccoli organismi vagili. *Pisidia serratifrons*, una specie dominante tra gli organismi utilizzabili come cibo, sembra essere indipendente dall'effetto. L'habitat adatto in termini di disegno della barriera artificiale può essere considerato dal punto di vista delle caratteristiche fisiche come il flusso d'acqua, così come dal punto di vista delle interazioni biochimiche tra le specie.

Acknowledgement

Kyoei Steel Co. provided us with the spiral reef and data of surveys. Dr. H. Yamakawa, associate professor of Tokyo University of Fisheries and reviewers unknown to us gave basic understandings of classification, habitat and feeding habit of benthic animals. For the authors whose primary specialization is coastal engineering, to examine biological aspects of artificial reef studies were difficult without their advisory comments. The authors deeply thank to their kindest cooperation.

References

- HATANAKA M., IIZUKA K. (1962) - Studies on the fish community in the *Zostera* area-III. Efficiency of production of *Sebastes inermis*. *Bulletin of Japan Society of Fisheries*, **28** (3): 305-313. (In Japanese).
- KAJIWARA T., HIRANO R. (1973) - Life history of marine sessile animals. Tokyo University Press. *Marine Ecology* **9**: 196 pp. (In Japanese).
- KOMAI Y., ITOSU C. (2002) - Food organism production from a steel artificial reef and the role of epifauna. *Biol. Mar. Medit.*, **9** (2):.....
- MUKAI H. (1992) - The importance of primary inhabitants in soft-bottom community organization. *Benthos Research*, **42**: 13-27.
- SAIZ E., ALCARAZ M., PAFFENHOEFER G.A. (1992) - Effect of small-scale turbulence on feeding rate and gross growth efficiency of three *Acartia* species. *Journal of Plankton Research*, **14**: 1085-1097.
- TAMA K. (1996) - Environmental conditions and lower trophic level production supporting fisheries production. In: Okaichi T., S. Komori and H. Nakanishi (eds) *Biological resources and environment - for the futures*, Koseisha Koseikaku, Tokyo: 69 pp. (In Japanese).

Lista delle specie.

		SPR					HPFM		CCR				
		dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00	mag-98	ott-98	dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00
Porifera Demospongiae		<i>Demospongiae</i> spp.											
Cnidaria Hydrozoa Anthomedusae (Athecata)					+				+	+		+	+
	Eudendriidae			+	+			+		+			
Cnidaria Hydrozoa Leptomedusae (Thecata)													
	Campanulariidae				+	+		+			+	+	
	Sertulariidae							+					
Cnidaria Anthozoa Octocorallia Gorgonacea													
	Melithaeidae										+	+	+
Cnidaria Anthozoa Hexacorallia Actinaria Endomyaria													
	Actiniidae	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Platyhelminthes		<i>Turbellaria</i> sp.											
		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Nemertinea		<i>Nemertinea</i> sp.											
		+	+		+	+	+		+			+	+
Tentaculata Brachiopoda Acrotretida		<i>Discinisca</i> sp.											
					+	+						+	+
Tentaculata Bryozoa Ctenostomata Carnosa		<i>Alcyonidium</i> sp.											
			+				+			+			
		<i>Flustrellidra</i> sp.											
Tentaculata Bryozoa Cheilostomata Anasca		<i>Bugula</i> sp.											
				+	+			+					
		<i>Bugula neritina</i>											
						+							
		<i>Membraniporidae</i> sp.											
					+								
		<i>Hincksiniidae</i> sp.											
				+				+			+		
Tentaculata Bryozoa Cheilostomata Ascophora		<i>Watersipora subobovidea</i>											
					+	+		+			+	+	+
		<i>Schizoporellidae</i> sp.											
									+				
		<i>Celleporinidae</i> sp.											
								+	+				
Mollusca Conchifera Bivalvia Pteriomorpha Mytiloidea		<i>Musculus cupreus</i>											
		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Musculista senhousia</i>											
			+				+			+			
		<i>Mytilus edulis</i>											
									+				
		<i>Lithophaga curta</i>											
			+	+		+						+	+
		<i>Modiolus nipponicus</i>											
			+	+	+	+		+			+	+	+
		<i>Modiolus</i> sp.											
			+										
		SPR					HPFM		CCR				
		dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00	mag-98	ott-98	dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00
Mollusca Conchifera Bivalvia Pteriomorpha Pterioidea		<i>Crassostrea gigas</i>											
		+		+		+	+	+			+	+	+
		<i>Limidae</i> sp.											
							+						
		<i>Anomia chinensis</i>											
											+	+	
Mollusca Conchifera Bivalvia Pteriomorpha Arcoida		<i>Scapharca</i> sp.											
								+					
								+					
		+											
		<i>Barbatia</i> sp.											
Mollusca Conchifera Bivalvia Heterodonta Veneroida		<i>Ruditapes philippinarum</i>											
							+						
		<i>Irus</i> sp.											
				+							+		
		<i>Veneridae</i> sp.											
												+	
		<i>Pitar</i> sp.											
													+
		<i>Notirus</i> sp.											
					+								+
		<i>Raetellops pulchella</i>											
												+	+
		<i>Theora fragilis</i>											
													+
		<i>Petricolidae</i> sp.											
Mollusca Conchifera Bivalvia Heterodonta Myoidea		<i>Hiatella orientalis</i>											
			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		<i>Gastrochaenidae</i> sp.</											

		SPR					HPFM			CCR			
		dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00	mag-98	ott-98	dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00
Mollusca	Conchifera Gastropoda Opisthobranchia Doridacea												
	Triophidae		+				+						
	Doridacea sp.				+	+							
Mollusca	Conchifera Gastropoda Opisthobranchia Acolidacea												
	Acolidacea sp.					+	+						+
Mollusca	Conchifera Gastropoda												
	Egg mass of <i>Gastropoda</i> sp. ¹⁾	(+)			(+)	(+)			(+)			(+)	(+)
Molusca	Cephalopoda												
	Egg mass of <i>Cephalopoda</i> sp. ²⁾									(+)			
Echiura													
	Urechidae												
	<i>Urechidae</i> spp.						+						
Annelida	Polychaeta Phyllodocida												
	Phyllodocidae												
	ayasii eumida			+		+							+
	Genetyllis sp.				+								+
	Anatides sp.	+				+	+					+	+
	Phyllodocidae sp.				+							+	+
	Eudata sp.												
	Eumida sp.						+			+		+	
	Phyllodocidae												
	Nipponophyllum sp.				+								
	Ophiodromus sp.					+							+
	Hesionidae												
	Gyptis sp.				+								
	Autolytinae gen. sp.	+		+	+								
	Syllinae gen. sp.	+		+	+	+			+			+	
	Eusyllinae gen. sp.					+	+						+
	Nectoneanthes latipoda	+	+			+	+						+
	Nereis pelagica									+			
	Nereis multignatha	+	+	+	+	+		+	+		+	+	
	Nereis neoneanthes				+								
	Nereis sp.		+	+	+	+		+			+	+	+
	Polynoidae	+	+	+		+		+				+	+
	Polynoidae				+							+	
	Lepidonotinae sp				+							+	+
	Lepidonotus sp.			+	+	+						+	+
	Harmothoe imbricata		+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Halosydna sp.			+	+	+						+	+
	Chrysopetalidae sp.							+					
	Chrysopetalum sp.					+						+	+
1) Egg mass of the <i>Gastropoda</i> sp. is excluded from the total of epifauna in this paper.													
2) Egg mass of the <i>Cephalopoda</i> sp. is excluded from the total of epifauna in this paper.													

		SPR					HPFM			CCR			
		dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00	mag-98	ott-98	dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00
Annelida	Polychaeta Euniciida												
	Eunicidae								+				
	Eunicidae					+	+						
	Lumbrineridae				+								
	Arabellidae					+							
Annelida	Polychaeta Spionida												
	Spionidae		+	+	+	+				+	+	+	+
	Spionidae	+							+				
	Spionidae											+	+
Annelida	Polychaeta Cirratulida												
	Cirratulidae												+
	Cirratulidae			+	+	+						+	+
	Cirratulidae				+								
	Cirratulidae					+							
	Capitellidae	+											
Annelida	Polychaeta Terebellida												
	Terebellidae			+						+			
	Terebellidae	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+
	Terebellidae					+			+			+	+
Annelida	Polychaeta Sabellida												
	Sabellidae	+	+	+	+					+	+		
	Sabellidae		+		+	+						+	+
	Sabellidae			+	+	+		+			+	+	+
	Sabellidae			+	+				+				+
	Sabellidae				+							+	
	Sabellidae				+	+							+
	Serpulidae			+	+				+		+	+	+
	Serpulidae			+	+	+							
	Serpulidae				+				+			+	
Arthropoda	Pycnogonidia Pantopoda												
	Phoxichilidiidae							+					
Arthropoda	Crustacea Maxillipoda Thecostraca Cirripedia Sessila Balanomorpha												
	Archaeobalanidae			+		+		+	+	+	+	+	+
	Archaeobalanidae								+				

		SPR					HPFM			CCR			
		dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00	mag-98	ott-98	dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00
Arthropoda Crustacea Eumalacostraca Peracardia Amphipoda Gammaridea													
	Aoridae						+			+			
	Corophiidae						+	+		+		+	+
	Isaeidae						+	+		+		+	
	Isaeidae												
	Ischyroceridae												
	Ischyroceridae												
	Dexaminidae												
	Dexaminidae												
	Pleustidae												
	Stenothoidae												
	Melitidae												
	Liljeborgiidae												
	Amphilocheidae												
	Colomastigidae												
	Colomastigidae												
Arthropoda Crustacea Eumalacostraca Peracardia Amphipoda Caprellidea													
	Phitiscidae												
	Caprellidae												
	Caprellidae												
	Caprellidae												
Arthropoda Crustacea Eumalacostraca Peracardia Isopoda													
	Sphaeromatidae												
	Sphaeromatidae												
Arthropoda Crustacea Eumalacostraca Peracardia Isopoda Assellota													
	Janiridae												
Arthropoda Crustacea Eumalacostraca Peracardia Isopoda Gnathidea													
	Gnathidae												
Arthropoda Crustacea Eumalacostraca Peracardia Anthuridea													
	Anthuridae												
Arthropoda Crustacea Eumalacostraca Eucarida Decapoda													
	Palaemonidae												
	Hippolytidae												
	Hippolytidae												
	Hippolytidae												
	Hippolytidae												
	Hippolytidae												
	Alpheidae												
	Diogenidae												
		SPR					HPFM			CCR			
		dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00	mag-98	ott-98	dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00
Arthropoda Crustacea Eumalacostraca Eucarida Decapoda(Continued)													
	Paguridae												
	Paguridae												
	Paguridae												
	Porcellanidae												
	Maidae												
	Majidae												
	Parthenopidae												
	Canceridae												
	Xanthidae												
	Xanthidae												
	Xanthidae												
	Goneplacidae												
Echinodermata Crinozoa Crinoidea													
	Comatulida sp.												
Echinodermata Asterozoa Asteroidea Forcipulata													
	Asteriidae												
Echinodermata Asterozoa Ophiuroidea Myophiurida													
	Ophiactidae												
	Amphiuridae												
	Ophiothricidae												
	Ophiothricidae												
Echinodermata Echinozoa Echinoidea Echinoida													
	Tennopleuridae												
Chordata Ascidiacea Pleurogona													
	Botryllidae												
	Styelidae												
	Styelidae												
	Styelidae												
	Pyluridae												
Chordata Ascidiacea Penterogona													
	Polyclinidae												
	Didemnidae												
	Didemnidae												
	Didemnidae												
	Polycitoridae												
		SPR					HPFM			CCR			
		dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00	mag-98	ott-98	dic-97	mag-98	ott-98	feb-99	gen-00
Vertebrata Osteichthyes Perciformes ³⁾													
	Gobiidae												
	Blenniidae												
	Pholididae												

3) Osteichthyes Perciformes spp. are excluded from the calculation of secondary production on the reefs.

A. JENSEN, K. COLLINS, P. SMITH

School of Ocean and Earth Science, University of Southampton, Southampton Oceanography Center -
Southampton SO14 3ZH, UK. E-mail: a.jensen@soc.soton.ac.uk

ARTIFICIAL REEFS OF EUROPE, PERSPECTIVE AND FUTURE

Artificial reefs have been placed in European waters for around 30 years. The majority of European reefs now play a role in protecting the valuable Mediterranean sea-grass beds from trawl damage. Reef building has, until relatively recently, been carried out locally, in some cases without national collaboration or international co-operation. This is changing; in 1991 Italian artificial reef scientists formed an Italian Reef Group to encourage liaison between research groups, the Spanish followed suit in 1998. An association of Mediterranean artificial reef scientists now exists.

Artificial reef research in Europe has reached a stage where scientific priorities for the future need to be developed in the light of previous research and experience. This is the aim and the reason for the creation, in 1995, of the European Artificial Reef Research Network (EARRN) funded by the European Commission "AIR" programme.

Artificial reefs have now been formally licensed and deployed in Italy, Spain, Portugal, the UK, the Netherlands, Finland, Greece, France, Israel, Poland, Romania, Turkey, Ukraine and Russia. Ireland and Denmark have a strong interest in artificial reefs, although no structures have, as yet, been placed. Norway has deployed some experimental concrete units and has a strong interest in the 'rigs to reefs' concept.

BARRIERE ARTIFICIALI IN EUROPA, PROSPETTIVE E FUTURO

Sono state immerse barriere artificiali nelle acque europee da circa 30 anni. La maggior parte delle barriere europee attualmente è utilizzata per proteggere le preziose praterie del Mediterraneo dai danni causati dallo strascico. La costruzione di barriere è stata, fino a poco tempo fa, portata avanti localmente, in alcuni casi senza collaborazione nazionale o cooperazione internazionale. Questo sta cambiando; nel 1991 gli studiosi di barriere artificiali italiani hanno fondato un Gruppo Italiano Barriere per incoraggiare i rapporti tra i vari gruppi di ricerca, seguiti dagli spagnoli nel 1998. Attualmente esiste una associazione a livello del Mediterraneo di studiosi di barriere artificiali.

La ricerca sulle barriere artificiali in Europa ha raggiunto uno stadio nel quale le priorità scientifiche per il futuro hanno bisogno di essere sviluppate alla luce delle ricerche e delle esperienze realizzate. Questo è lo scopo e la ragione per cui, nel 1995, è stata creata la Rete di Ricerca Europea sulle Barriere Artificiali (EARRN), finanziata dal programma della Commissione Europea "AIR".

Le barriere artificiali sono allo stato attuale formalmente autorizzate e immerse in Italia, Spagna, Portogallo, Regno Unito, Paesi Bassi, Finlandia, Grecia, Francia, Israele, Polonia, Romania, Turchia, Ucraina e Russia. Irlanda e Danimarca hanno un forte interesse per le barriere artificiali, sebbene al momento non sia stata immersa alcuna struttura. La Norvegia sta sviluppando alcune unità sperimentali ed è fortemente interessata al concetto del "rigs to reefs" cioè l'utilizzo delle piattaforme petrolifere dismesse ai fini del ripopolamento ittico.

W. SEAMAN JR.

Florida Sea Grant College Program, University of Florida - Gainesville, Florida 32611-0400 USA.
Tel 352/ 392 5870, E-mail: seaman@gnv.ifas.ufl.edu

UNIFYING TRENDS AND OPPORTUNITIES IN GLOBAL ARTIFICIAL REEF RESEARCH, INCLUDING EVALUATION

To be comprehensive, an analysis of global trends in research on artificial reefs requires the following basic information: (1) location of the reef, both geographically and spatially; (2) the questions addressed, including any hypotheses; (3) design of the study and methods employed; and (4) the findings, including data, analysis and conclusions. One objective of this paper is to review this information. This is done in at least a cursory fashion, yet sufficiently to achieve a second objective: to propose an expanded framework for research required to advance the science and technology in the field.

Shifts in emphasis in subjects for research are indicated based on comparison of reports from international conferences in 1987, 1991, 1995 and 1999. The latter includes 97 oral and 43 poster presentations, with major subjects including function and ecology (25% of titles) and planning and design (25%). Much work has focused on description of local reef sites.

The earliest reefs were built to enhance harvest of fishery species as foodstuffs in artisanal and then commercial settings. Recreational fishing also was an early motivation, although it continues to be less widespread. Newer applications of reef technology include recreational sites for divers and submarine tourists, protection and restoration of aquatic habitat, environmental mitigation, control of fishing mortality, aquaculture, conservation of biodiversity and experimental research. Designed structures, fabricated explicitly as reefs, are being used more often. Artificial reefs are under increased scrutiny to determine their effectiveness. Both economic and environmental performance are of concern.

In view of how reef applications are evolving, an analysis of research that addresses only the above four basic aspects would be incomplete. A fifth aspect is required: the purpose of the reef and how the research relates to quantifying fulfillment of that purpose. Research must also be analyzed for its contribution to documenting performance of reefs in meeting objectives sought by their builders. To achieve this an "Assessment Concept" that incorporates specific objectives of the reef and criteria to measure success is presented.

A challenge to reef research is to develop comparisons and then predictions of reef system structure and function, physically, biologically and socio-economically. In addition to recommending new priorities for research on artificial reefs, this paper stresses the need for linkage with studies of coral and other natural reefs. To enhance an informal research network in this field, development of consistent practices for evaluation of reef performance is discussed.

UNIFICARE TENDENZE ED OPPORTUNITÀ NELLA RICERCA GLOBALE SULLE BARRIERE ARTIFICIALI, COMPREDENDO LA VALUTAZIONE

Per essere completa ed efficace, un'analisi delle tendenze globali della ricerca sulle barriere artificiali richiede le seguenti informazioni di base: (1) sistemazione della barriera, sia geograficamente sia spazialmente; (2) le problematiche, comprese le ipotesi; (3) schema dello studio e metodi impiegati; (4) i risultati, compresi i dati, le analisi e le conclusioni. Un obiettivo di questo lavoro è quello di rivedere queste informazioni. Ciò è stato fatto in modo affrettato, tuttavia sufficiente per raggiungere il secondo obiettivo: proporre un ampio schema per la ricerca necessario per migliorare la scienza e la tecnologia nel settore.

Lo spostamento dell'accento sulla ricerca è basato su quanto emerso dalle conferenze internazionali del 1987, 1991, 1995 e 1999. L'ultima include 97 comunicazioni orali e 43 poster, con i principali argomenti riguardanti le funzioni e l'ecologia (25% dei titoli), la pianificazione ed il disegno progettuale (25%). Molti lavori sono focalizzati sulla descrizione di barriere locali.

Le prime barriere sono state costruite per migliorare le catture della pesca ai fini alimentari in contesti artigianali e commerciali. Anche la pesca da diporto è stata una delle prime motivazioni per la costruzione di barriere artificiali, sebbene continui ad essere meno estesa ed importante. Le più recenti applicazioni della tecnologia nelle barriere artificiali riguardano la costruzione di siti ricreativi per subacquei e turisti, protezione e recupero dell'habitat acquatico, mitigazione ambientale, controllo della mortalità da pesca, acquacoltura, conservazione della biodiversità e ricerca sperimentale. Le strutture disegnate e fabbricate esplicitamente come barriere sono le più usate. Le barriere artificiali sono sotto attento esame per determinare la loro efficienza sia per l'aspetto economico sia per quello ambientale.

In vista di come si sta evolvendo l'utilizzo delle barriere, un'analisi della ricerca che si interessa solo ai quattro aspetti visti precedentemente risulta incompleta. È richiesto un quinto aspetto: lo scopo primario della costruzione della barriera e come la ricerca intende valutare il raggiungimento delle finalità proposte. La ricerca deve inoltre essere analizzata per il suo contributo nel documentare le prestazioni delle barriere nel raggiungere gli obiettivi fissati dai costruttori. A tal fine viene proposto un "Concetto di Valutazione" che comprende gli specifici obiettivi della barriera e i criteri per misurare la riuscita.

Una sfida per la ricerca sulle barriere è di sviluppare comparazioni e quindi previsioni sulla struttura e la funzione dei sistemi di barriere, dal punto di vista fisico, biologico e socio-economico. In aggiunta alla raccomandazione di nuove priorità per la ricerca sulle barriere artificiali, questo lavoro evidenzia la necessità per un legame con gli studi sulle barriere coralline e le altre barriere naturali. Per migliorare una rete informale di ricerca in questo campo, viene discusso lo sviluppo di adatti sistemi di valutazione delle prestazioni delle barriere.

T.J. PITCHER, E.A. BUCHARY, T. HUTTON

Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, Canada 2204 Main Hall, University of British Columbia - Vancouver, V6T 1Z4 Canada. E-mail: tpitcher@fisheries.com

FORECASTING THE BENEFITS OF NO-TAKE ARTIFICIAL REEFS USING SPATIAL ECOSYSTEM SIMULATION

This paper aims to demonstrate a new policy evaluation tool that can forecast resource and fishery responses to artificial reefs deployed within no-take marine protected areas. A case study is based on a recent initiative to establish artificial reefs inside Marine Special Areas in Hong Kong.

We have employed ECOSPACE, a recently-developed spatially-explicit simulation of whole ecosystem dynamics. Simulations commence with a static mass-balanced model of trophic flows among the functional groups of an ecosystem (ECOPATH). This is used to structure dynamic simulations of the biomass fluxes in response to fishing (ECOSIM). Spatial modelling of the system is achieved through definition of dispersion, foraging and predator avoidance parameters for each group in relation to range of defined habitats (ECOSPACE). A number of fishery sectors and gear types can be defined, and are simulated spatially to maximise operating profit. Fisheries can be excluded from fishing in protected areas. Results express average spatial responses to fishing and protected reefs.

The ecosystem model comprised 27 functional ecosystem groups and seven sectors of the Hong Kong fishery, which was assumed to increase its catching power by 3% per year. Parameters for ECOPATH, ECOSIM, fishery and habitats were obtained from recent surveys and fisheries assessment work in Hong Kong. Additional model parameters were obtained from meta-analyses and other literature on fishes of the South China Sea. Separate ecosystem groups were associated with reef and non-reef habitats and the assignment of more than 250 fish species to reef and non-reef habitats was performed with the help of an expert consultation.

First, the modelling system was used to evaluate returns to the fishery outside the closed area from a range of MPA/AR complexes in which size, perimeter and corridors were designed using biogeographical theory. Benefits that might be deliberately foregone in order to obtain the cooperation of fishers allowed to fish designated artificial reefs were estimated.

Secondly, five more specific policy scenarios were evaluated using a spatial map of Hong Kong waters. Gains and losses to different fishery sectors are tracked, along with shifts in the species composition of the catches. Small protected areas with artificial reefs achieve little to avert collapse of the fisheries or a shift towards catches of low trophic level species. Larger protected areas can do much to restore valuable fisheries for reef associated fish.

Precise results are sensitive to uncertainties in many of the model parameters, and further work on the trophic relationships and dispersion patterns of Hong Kong fishes is advised. Future work could include economic outputs. The use of the ECOSPACE Modelling system in the adaptive management of AR/MPA system is discussed.

PREVEDERE I BENEFICI DELLE BARRIERE ARTIFICIALI IN CUI È VIETATO IL PRELIEVO UTILIZZANDO LA SIMULAZIONE SPAZIALE DI UN ECOSISTEMA

Questo lavoro vuole presentare una nuova politica di valutazione che possa prevedere le risposte delle risorse e della pesca all'immersione di barriere artificiali all'interno di aree marine totalmente protette. Uno studio pilota è basato su di un'iniziativa recente che prevede l'installazione di barriere artificiali entro Aree Speciali Marine di Hong Kong.

Abbiamo utilizzato ECOSPACE, una simulazione spaziale recentemente sviluppata per tutte le dinamiche dell'ecosistema. La simulazione inizia con un modello statico a bilancio di massa di flussi trofici tra i gruppi funzionali di un ecosistema (ECOPATH). Ciò è stato fatto per strutturare la simulazione dinamica dei flussi di biomassa in risposta alla pesca (ECOSIM). Il modello spaziale del sistema è raggiunto tramite la definizione dei parametri di dispersione, ricerca di cibo e fuga dai predatori per ogni gruppo in relazione al grado di habitat definito (ECOSPACE). Può essere perciò definito un certo numero di settori di pesca e tipi di attrezzi, che vengono simulati spazialmente per ottimizzare il risultato. La pesca può essere esclusa dalle aree protette. I risultati esprimono le risposte spaziali medie alla pesca e alle barriere protette.

Il modello di ecosistema comprendeva 27 gruppi funzionali di ecosistemi e 7 settori della pesca di Hong Kong, per i quali è stato assunto che aumentassero le loro catture del 3% l'anno. I parametri per ECOPATH, ECOSIM, la pesca e l'habitat sono stati ottenuti da recenti studi e lavori sulla valutazione della pesca a Hong Kong. I parametri addizionali del modello sono stati ottenuti tramite meta-analisi e altra letteratura sui pesci dei mari della Cina meridionale. Gruppi separati di ecosistemi sono stati associati con habitat di barriera e non, e l'assegnazione di più di 250 specie di pesci a questi habitat è stata fatta con l'aiuto di un esperto.

Inizialmente, il modello è stato utilizzato per valutare il ritorno alla pesca effettuata all'esterno dell'area chiusa in uno spazio di complessi MPA/AR (Area Marina Protetta/Barriera Artificiale) nei quali la dimensione, il perimetro ed i corridoi sono stati stabiliti utilizzando una teoria biogeografica. Sono stati valutati i benefici che possono essere deliberatamente dati per scontati al fine di ottenere la collaborazione dei pescatori autorizzati a pescare sulle barriere artificiali scelte.

Secondariamente, scenari più specifici sono stati valutati utilizzando una mappa spaziale delle acque di Hong Kong. Sono stati tracciati i guadagni e le perdite di ogni differente settore di pesca, insieme alle variazioni della composizione in specie delle catture. Le piccole aree protette con barriere artificiali riescono a far poco per evitare il collasso della pesca o il passaggio verso catture di specie di basso livello trofico. Le aree protette più grandi possono fare di più per ristabilire una pesca pregiata dei pesci associati alla barriera.

Risultati precisi dipendono dalle incertezze in molti dei parametri del modello, e un ulteriore lavoro sulle relazioni trofiche e gli schemi di dispersione dei pesci di Hong Kong è necessario. Un ulteriore lavoro potrà includere informazioni economiche. Viene discusso l'utilizzo del sistema di modelli ECOSPACE nella gestione del sistema AR/MPA.

M.W. MILLER

National Marine Fisheries Service, Southeast Fishery Science Center, 75 Virginia Beach Dr - Miami,
FL 33149 USA. Tel.305-361-4561, E-mail: Margaret.W.Miller@noaa.gov

USING “NATURAL” REEF ECOLOGY IN ARTIFICIAL REEF RESEARCH: ADVANCING ARTIFICIAL REEF GOALS THROUGH BETTER UNDERSTANDING OF ECOLOGICAL PROCESSES

The ecological study of natural reef communities has followed a progression from observational/descriptive studies to a more experimental and process-oriented approach. Ironically, most published artificial reef studies are observational, despite the fact that the manipulative nature of artificial reefs lends them to an experimental approach, and despite the potential benefits of an experimental, process-oriented approach to fulfilling artificial reef objectives. Most applications of artificial reefs are underpinned by ecological processes ranging from trophic interactions and recruitment to individual physiology and biogeochemical cycling. Examples are discussed related to three reef goals; enhancement of fisheries production, ecosystem restoration and water quality enhancement. These examples illustrate 1) predictions that can be drawn from basic ecological studies of “natural” reef organisms and ecosystems regarding ecological structure, processes, and performance of artificial reefs, and 2) how an experimental ecological approach has been (or could be) utilized in artificial reef research to elucidate ecological processes and yield specific improvements in the application of artificial reefs to achieve management goals. In fact, answering the “why” and “how” questions addressed by experimental process studies is the only way to improve our success in achieving artificial reef, or any other sort of ecological engineering, objectives.

UTILIZZARE L'ECOLOGIA DELLE BARRIERE NATURALI NELLA RICERCA SULLE BARRIERE ARTIFICIALI: MIGLIORARE I RISULTATI ATTRAVERSO UNA MIGLIORE COMPRENSIONE DEI PROCESSI ECOLOGICI

Gli studi ecologici sulle comunità delle barriere naturali hanno seguito una progressione dagli studi basati sull'osservazione/descrizione fino ad un approccio più sperimentale e orientato verso i processi. Ironicamente, gli studi sulle barriere artificiali maggiormente pubblicati sono di tipo descrittivo, malgrado il fatto che la natura manipolativa delle barriere artificiali abbia portato ad un approccio sperimentale, e malgrado i potenziali benefici di un approccio sperimentale e orientato verso i processi per raggiungere gli obiettivi delle barriere artificiali. La maggior parte delle applicazioni delle barriere artificiali è sostenuta da processi ecologici che vanno da interazioni trofiche e reclutamento alla fisiologia individuale e ai cicli biogeochimici. Gli esempi sono trattati in relazione a tre obiettivi delle barriere artificiali: aumento della produzione della pesca, riqualificazione dell'ecosistema e miglioramento della qualità delle acque. Questi esempi mostrano: (1) le previsioni che possono essere fatte tramite studi ecologici di base sugli organismi e sugli ecosistemi delle barriere naturali, in relazione alla struttura ecologica, ai processi e alle prestazioni delle barriere artificiali, e (2) come

un approccio ecologico sperimentale è stato (o possa essere) utilizzato nella ricerca sulle barriere artificiali per spiegare i processi ecologici e l'aumento delle catture al fine di raggiungere gli obiettivi gestionali. Infatti, rispondere ai "perché" e ai "come" posti dagli studi dei processi sperimentali, è l'unica via per migliorare il nostro successo nel raggiungimento degli obiettivi prefissati con le barriere artificiali o con qualsiasi altra forma di ingegneria ecologica.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), 59 Suppl.: 27-31

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 112-113

J.R. COBB, D.J. PONDELLA III, J.S. STEPHENS JR., J.C. HAFNER*

Vantuna Research Group, Moore Laboratory of Zoology, Occidental College, 1600 Campus Rd.-
Los Angeles, California 90041, USA. Tel 323/ 259 2956, E-mail: cobb@oxy.edu

* Department of Biology, Moore Laboratory of Zoology, Occidental College, 1600 Campus Rd.-
Los Angeles California 90041, USA. Tel: 323/ 259 2685, E-mail: hafner@oxy.edu

POPULATION DYNAMICS OF CRYPTIC FISHES ON A TEMPERATE ARTIFICIAL REEF

Cryptic reef fishes were collected from an isolated artificial reef within King Harbor, Redondo Beach, California, from 1984 to 1998 to assess changes in density and diversity, as well as to make inferences regarding recruitment patterns. Divers collected fishes using SCUBA and quinaldine. Species density, Shannon-Weiner Diversity Index (H'), species richness (S) and species evenness (J) were calculated for each sampling period, and temperature and salinity data were taken from a nearby site. Density varied from 0,016 individuals/m² to 0,640 individuals/m², while diversity ranged from 0,071 to 0,863. Species richness and species evenness ranged from 2 to 12 and 0,148 to 0,979, respectively. There was a significant monotonic increasing trend in diversity (Kendall's $\tau=0,294$) and a decreasing trend in density (Kendall's $\tau=-0,396$) over the fourteen-years sampling period. However, when the most abundant fish on the reef, *Lythrypnus dalli*, was removed from the data set these trends no longer occurred. Lows and highs in species diversity and density seem strongly linked to human and environmental impacts on the harbor: density dropped rapidly during both the winter storms of 1988 and the reconstruction of the harbor in 1992. Monitoring the population dynamics of cryptic fishes may be useful in interpreting the impacts of anthropogenic disturbances and episodic events, such as recent El Niño Southern Oscillations and severe winter storms.

DINAMICA DI POPOLAZIONE DEI PESCI MIMETICI SU UNA BARRIERA ARTIFICIALE TEMPERATA

I pesci criptici di barriera sono stati raccolti in una barriera artificiale isolata all'interno di King Harbor, Redondo Beach, California, dal 1984 al 1998 per verificare le modificazioni nella densità e nella diversità, ed anche per presentare proposte sullo schema di reclutamento. I subacquei hanno raccolto i pesci utilizzando autorespiratore e chinaldina. La densità di specie, l'indice di diversità di Shannon-Weiner (H'), la ricchezza in specie (S) e l'uniformità delle specie (J) sono state calcolate per ogni periodo di campionamento, e i dati di temperatura e salinità sono stati presi da un sito vicino. La densità varia da 0,016 individui/m² a 0,640 individui/m², mentre la diversità spazia da 0,071 a 0,863. La ricchezza in specie e l'uniformità delle specie variano da 2 a 12 e da 0,148 a 0,979 rispettivamente. Si è verificata una significativa tendenza crescente monotonica nella diversità (Kendall's $\tau=0,294$) e una tendenza decrescente nella densità (Kendall's $\tau=0,396$) in tutti i quattordici anni di campionamento. Comunque, quando il pesce più abbondante sulla barriera, *Lythrypnus dalli*, è stato eliminato dalla serie di dati, queste tendenze non si sono più verificate. Massimi e minimi nella diversità di specie e nella densità sembrano essere strettamente legati all'impatto

ambientale ed antropico sul porto: la densità è crollata rapidamente sia durante le tempeste invernali del 1988 sia durante la ricostruzione del porto nel 1992. Monitorare la dinamica di popolazione dei pesci criptici può essere utile per interpretare l'impatto delle perturbazioni antropiche e degli eventi occasionali, come le recenti Oscillazioni Meridionali di El Niño e le violente tempeste invernali.

M.N. SANTOS, C.C. MONTEIRO

Instituto de Investigação das Pescas e do Mar, Centro Regional de Investigação Pesqueira do Sul,
Avenida 5 de Outubro s/n - 8700 Olhão, Portugal
Tel: +351 89 700504, E-mail: mnsantos@ipimar.ualg.pt

SPATIAL DISTRIBUTION OF FISH AROUND AN ARTIFICIAL REEF SYSTEM: AREA OF INFLUENCE

The fish positioning towards reefs varies by species, as a result of: fish behaviour, environmental changes due to reef deployment and interactions among the fish community. In order to investigate the spatial (horizontal) distribution of the fish assemblages a total of 62 experimental gill net catches were made during June 1995, around a 5 years old artificial reef system (ARS) off Faro (Algarve, south Portugal). The ARS consists of a protection reef (PR-735 small cubic modules) and an exploitation reef (ER-20 large octagonal modules). The nets were set 1 hour before the sunset and retrieved 1 hour after the sunrise, from the reef edge to the outside and the catches of demersal and benthic species were investigated separately in five 100 m net sectors.

A total of 29 species were caught. Twenty-six out of the 29 species were caught at the ER, but only 23 at the PR. Significant differences ($p < 0,05$), in terms of the variation of the mean number of species along the net were found for the demersal species at PR, and for the benthic species ($p < 0,05$) at ER. These species showed an increase in the first 300 m, followed by a slight decrease. The results of the distribution of the fish biomass around the artificial reefs, measured as the percentage of the catch (CPUE) per net sector, showed significant differences for the demersal species at the PR. This group of species decreased in the first 300 m (especially within the first 100 m) followed by an increase and a decrease. Significant differences were also found for the benthic species at the ER. Around these large structures the benthic species increased their abundance in the first 300 m, decreasing in the last 200 m to a level similar to that found very close to the reefs. Based on these results we concluded that the influence area or the enhanced fishing zone of the PR was estimated as 100 m for demersal species. ER showed an area of influence for the benthic species, more evident within a band of 100 to 300 m of the reef. These results have a practical consequence, which is their application on planning future artificial reef systems for the Algarve coastal waters, that will allow a better cost/efficacy of the reefs, traduced by the increase of the artificial reef area keeping the same number of modules.

DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEI PESCI ATTORNO UN SISTEMA DI BARRIERE ARTIFICIALI: AREA DI INFLUENZA

La posizione dei pesci nei confronti delle barriere varia a seconda delle specie, come risultato di: comportamento dei pesci, variazioni ambientali dovute al posizionamento della barriera e interazioni all'interno della comunità di pesci. Allo scopo di studiare la distribuzione spaziale (orizzontale) delle associazioni di pesci, sono state eseguite in totale 62 catture con il tramaglio nel giugno 1995, nei pressi di un sistema di barriere artificiali (ARS) immerso 5 anni prima al largo di Faro (Algarve, Portogallo Meridionale). L'ARS consiste di una barriera di protezione (PR-735 piccoli moduli

cubici) e una barriera di sfruttamento (ER-20 grandi moduli ottagonali). Le reti sono state calate 1 ora prima del tramonto e ritirate 1 ora dopo l'alba, dall'estremità della barriera all'esterno e le catture delle specie demersali e bentoniche sono state studiate separatamente in cinque settori di 100m di rete.

È stato catturato un totale di 29 specie; 26 delle 29 specie sono state catturate sulla ER, ma solo 23 sulla PR. Differenze significative ($p < 0.05$) in termini di variazione del numero medio di specie lungo la rete sono state trovate per le specie demersali sulla PR, e per le specie bentoniche ($p < 0.05$) sulla ER. Queste specie mostrano un incremento nei primi 300m, seguito da un leggero decremento. I risultati della distribuzione della biomassa dei pesci attorno alla barriera artificiale, misurati come percentuale di cattura (CPUE) per settore di rete, mostrano differenze significative per le specie demersali sulla PR. Questo gruppo di specie diminuisce nei primi 300m (specialmente entro i primi 100m) seguito da un aumento e da una diminuzione. Differenze significative sono state inoltre trovate per le specie bentoniche sulla ER. Attorno a queste grandi strutture le specie bentoniche aumentano la loro abbondanza nei primi 300m, diminuiscono negli ultimi 200m fino ad un livello simile a quello trovato molto vicino alle barriere. Basandoci su questi risultati abbiamo concluso che l'area di influenza o la zona in cui la pesca è aumentata per la presenza della PR è stata stimata attorno ai 100m per le specie demersali. La ER mostra un'area di influenza per le specie bentoniche, più evidente entro una fascia tra 100 e 300m dalla barriera. Questi risultati hanno una conseguenza pratica, che è la loro applicazione nella pianificazione dei sistemi di barriere artificiali future nelle acque costiere dell'Algarve, ciò consentirà un miglior rapporto costo/efficacia delle barriere, tradotto nell'aumento dell'area della barriera artificiale mantenendo lo stesso numero di moduli.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "*Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats*": 46-53.

M.N. SANTOS, C.C. MONTEIRO

Instituto de Investigação das Pescas e do Mar - Centro Regional de Investigação Pesqueira do Sul, Avenida 5 de Outubro s/n - 8700 Olhão, Portugal. Tel: 351 89 700504, E-mail: mnsantos@ualg.pt

DISTRIBUTION OF FISH ASSEMBLAGES AT AN ARTIFICIAL REEF: DIEL CYCLE AND AREA OF INFLUENCE

Monitoring and assessment of artificial habitats to determine their characteristics and effectiveness has been of interest from the time that humans first introduced objects into the aquatic environment. It is important that these studies reflect an accurate *picture* of the reef fish assemblages, which is highly affected by their diel cycle. On the other hand, fish positioning towards reefs varies by species, as a result of: fish behaviour, environmental changes due to reef deployment and mutual interactions among the fish community.

To study these effects a 5 years old artificial reef system (ARS) located off Faro (Algarve, south Portugal) was monitored during the Summer of 1995. The ARS consists of a protection reef (PR - 735 small cubic modules) and an exploitation reef (ER - 20 large octagonal modules).

Scuba-divers sampled the reefs during 3 consecutive days according to a fixed time schedule (7:00, 8:30, 10:00, 11:30, 14:30, 19:00, 20:30 and 23:00). To investigate the spatial (horizontal) distribution of the fish assemblages around the reefs, a total of 68 experimental gill net catches were made. The nets were set 1 hour before the sunset and retrieved 1 hour after the sunrise, from the reef edge to the outside and the catches of demersal and benthic species were investigated separately in five 100 m net sectors.

The number of species present on the reefs (most belonging to the Sparidae family) varied along the day, with minimum's during the night and maximum's around mid-day. The variation in fish density along the diel cycle was similar to the trend described above for the number of species. It was concluded that most species present have a diurnal reef activity. About 50% of the species were considered resident, while the others use the reefs mainly for foraging for food and/or shelter.

The analysis of the distribution of fish biomass around the artificial reefs, measured as the percentage of the catch (fishing yield) per net sector, showed significant differences for the demersal species at the PR. This group of species decreased in the first 300 m (especially within the first 100 m), followed by an increase and a decrease. Significant differences were also found for the benthic species at the ER. Around these large structures the benthic species increased their abundance in the first 300 m, decreasing in the last 2 net sectors to a level similar to that found very close to the reefs.

Based on these results we concluded that the influence area or the enhanced fishing zone was estimated as 300 m for both the protection and exploitation reefs. However, the PR proved to be more efficient for aggregating demersal species, while the ER is more efficient for gathering benthic species.

DISTRIBUZIONE DELLE ASSOCIAZIONI DI PESCI ATTORNO AD UNA BARRIERA ARTIFICIALE: CICLO GIORNALIERO E AREA DI INFLUENZA

Monitorare e valutare gli habitat artificiali per determinare le loro caratteristiche e la loro efficienza è stato di interesse fino dal momento in cui l'uomo ha per la prima volta introdotto oggetti nell'ambiente acquatico. È importante che questi studi abbiano un'accurata conoscenza delle associazioni dei pesci di barriera, che sono fortemente influenzate dal loro ciclo giornaliero. D'altra parte, la posizione dei pesci rispetto alla barriera varia a seconda delle specie, come risultato di: comportamento dei pesci, variazioni ambientali dovute al posizionamento della barriera e interazioni tra la comunità di pesci. Per studiare questi effetti, durante l'estate del 1995 è stato monitorato un sistema di barriere artificiali (ARS) situato nelle acque di Faro (Algarve, Sud del Portogallo). L'ARS consiste di una barriera di protezione (PR-735 piccoli moduli cubici) e una barriera di utilizzo per la pesca (ER-20 grandi moduli ottagonali).

I subacquei hanno campionato le barriere per tre giorni consecutivi secondo un orario prestabilito (7:00, 8:30, 10:00, 11:30, 14:30, 19:00, 20:30 e 23:00). Allo scopo di studiare la distribuzione spaziale (orizzontale) delle associazioni di pesci, sono state fatte un totale di 68 cale con il tramaglio. Le reti sono state calate 1 ora prima del tramonto e salpate 1 ora dopo l'alba, dal limite della barriera verso l'esterno e le catture delle specie demersali e bentoniche sono state studiate separatamente in cinque settori di 100 m di rete.

Il numero di specie presenti sulla barriera (la maggior parte appartenenti alla famiglia degli Sparidae) varia nel corso della giornata, con un minimo durante la notte e un massimo attorno a mezzogiorno. La variazione della densità dei pesci durante il ciclo giornaliero è risultato simile all'andamento descritto per il numero di specie. È stato pertanto possibile concludere che la maggior parte dei pesci presenti svolge attività diurna. Circa il 50% delle specie è stato considerato residente, mentre la parte restante utilizza la barriera soprattutto per procurarsi il cibo e/o come riparo.

L'analisi della distribuzione della biomassa dei pesci attorno alla barriera artificiale, misurata come percentuale di cattura (pescato raccolto) per settore di rete, ha mostrato differenze significative per le specie demersali sulla PR. Questo gruppo di specie diminuisce nei primi 300 m (specialmente entro i primi 100 m), segue un aumento e poi una diminuzione. Differenze significative sono state inoltre trovate per le specie bentoniche sulla ER. Attorno a queste grandi strutture le specie bentoniche aumentano la loro abbondanza nei primi 300 m, diminuendo negli ultimi 2 settori fino ad un livello simile a quello trovato molto vicino alle barriere.

Basandoci su questi risultati abbiamo concluso che l'area di influenza o la zona in cui la pesca è aumentata attorno ai 300 m sia per la barriera di protezione sia per la barriera di coltivazione. Comunque, la PR è sembrata essere migliore per favorire l'aggregazione delle specie demersali, mentre la ER è più efficiente per riunire le specie bentoniche.

J.A. GARCÍA CHARTON, Á. PÉREZ RUZAFA, T. VEGA FERNÁNDEZ

Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, -30100 Murcia, Spain.
Tel: 34 968 364985, E-mail: jcharton@fcu.um.es

TEMPORAL DYNAMICS OF A MEDITERRANEAN ARTIFICIAL REEF FISH ASSEMBLAGE AND COMPARISON WITH NEARBY NATURAL REEFS

We present data on the bimonthly, seasonal and annual dynamics of abundance and biomass of the fish assemblage in an artificial reef located at ~ 8 km to the Northeast of Cape Cope (Murcia, SE Spain) (ARCC), since its installation in January 1994. The ARCC, consisting of 9 modules, was deployed at a mean depth of 24 m, near the lower limit of a degraded *Posidonia oceanica* meadow. Each module, made of concrete, has a base measuring 2,4×2,4 m, a height of 2,8 m, and it consists of 8 columns crowned with a concrete ring and a plastic covering. The modules (which are separated an average of 50 m each other, and cover an area of about 1 ha) were designed to create relatively narrow openings but high void, shaded space, complemented with small holes inside the columns. Fish assemblages were visually censused 15 times, bimonthly from February 1994 to May 1997, and compared to a nearby natural control site, studied seasonally in 5 occasions (from July 1994 to October 1996) by censusing fishes in eight replicate 100×5 m transects at the rocky reefs surrounding Cape Cope. Data were analyzed through principal components analysis, and performing ANOVA for repeated measures, considering 1 factor S (sampling occasion, s=15) when testing the changes with time on the ARCC (n=5), and 2 factors—T (type of reef, fixed, t=2) and S (sampling occasion, fixed, s=5) plus the interaction term when comparing both natural and artificial reefs (n=8). To allow proper comparisons in the later case, we approached each sampling unit to 1000 m³ of water, thus considering 2 m of water column above the bottom for each transect, and an envelope of 2 m around each module (so that each one is equivalent to ~ 200 m³). Then, we gathered the sampling occasions at ARCC by seasonal intervals, and we multiplied the fish abundances observed on each replicate by a factor of 5.

A total of 51 fish species (22 fam.) were observed throughout the study. Thirty-five species (16 fam.) were censused on the ARCC (15 residents, 12 visitors and 8 transients), five of which being exclusive of the artificial structures (*Scorpaena scrofa*, *Spondyllosoma cantharus*, *Balistes carolinensis*, and *Mola mola* parasited by *Echeneis naucrates*). Species richness in ARCC increased during the 3,5 yr, from 4 to 17 species per occasion, reflecting the process of colonization by resident species, but it showed fluctuations due to the seasonal appearance of visitor and transient species, as well as disturbance caused by poaching. Mean total abundance and biomass are influenced mainly by the seasonal variability. On the other hand, we censused 47 fish species (19 fam.) in the rocky bottoms surrounding Cape Cope. The dynamics of the fish assemblage on natural reefs can be explained by the influence of habitat structure, seasonal differences being attributable to recruitment episodes combined with the appearance of visitors. The factors (mainly related to habitat) influencing the similarities and differences observed between artificial and natural reef fish assemblages – in terms of species composition, assemblage structure and temporal fluctuations – are discussed, including data of other artificial and natural reefs studied in SE Spain for comparison.

DINAMICA TEMPORALE DI UNA ASSOCIAZIONE DI PESCI IN UNA BARRIERA ARTIFICIALE MEDITERRANEA E CONFRONTO CON BARRIERE NATURALI VICINE

Presentiamo dati bimestrali, stagionali ed annuali sulla dinamica dell'abbondanza e della biomassa di un popolamento di pesci in una barriera artificiale situata a circa 8 km nord-est di Capo Cope (Murcia, sud-est Spagna) (ARCC), dal momento della sua costruzione nel gennaio 1994. L'ARCC, costituita da 9 moduli, è stata posta a una profondità media di 24m, vicino al limite inferiore di una prateria degradata di *Posidonia oceanica*. Ogni modulo, fatto di calcestruzzo, misura $2,4 \times 2,4$ m di base, con un'altezza di 2,8m, e consiste di 8 colonne sormontate da un anello di calcestruzzo e un rivestimento di plastica. I moduli (che distano in media 50m l'uno dall'altro e coprono un'area di circa 1 ettaro) sono stati disegnati per creare aperture relativamente strette ma grandi vuoti e spazi riparati, oltre a piccoli buchi nelle colonne. Le associazioni di pesci sono state censite a vista 15 volte, con frequenza bimestrale dal febbraio 1994 al maggio 1997, e confrontate con un vicino sito naturale di controllo, studiato stagionalmente in 5 occasioni (da luglio 1994 a ottobre 1996) censendo i pesci in 8 repliche di transetti 100×5 m presso le formazioni rocciose circostanti Capo Cope. I dati sono stati analizzati per mezzo dell'analisi delle componenti principali, utilizzando ANOVA per misure ripetute, considerando un fattore S (evento campionamento, $s=15$) quando si analizza la variazione nel tempo sull'ARCC ($n=5$), e due fattori: T (tipo di barriera, fissato, $t=2$) e S (evento campionamento, fissato, $s=5$) più il termine di interazione quando si confrontano le barriere naturali e artificiali ($n=8$). Per consentire confronti appropriati nell'ultimo caso, abbiamo riportato ogni unità di campionamento a 1000 m^3 d'acqua, cioè abbiamo considerato una colonna d'acqua di 2m a partire dal fondo per ogni transetto, e una copertura di 2m attorno ad ogni modulo (cosicché ciascuno fosse equivalente a circa 200 m^3). Quindi, abbiamo riunito i campionamenti all'ARCC per intervalli stagionali e abbiamo moltiplicato l'abbondanza dei pesci osservata in ogni replica per un fattore 5.

Un totale di 51 specie di pesci (22 famiglie) è stato osservato durante l'intero studio. 35 specie (16 famiglie) sono state censite sull'ARCC (15 residenti, 12 visitatori e 8 di passaggio), cinque delle quali esclusive delle strutture artificiali (*Scorpaena scrofa*, *Spondyliosoma cantharus*, *Balistes carolinensis* e *Mola mola* parassitato da *Echeneis naucrates*). La ricchezza di specie sull'ARCC è aumentata nell'arco dei 3,5 anni da 4 a 17 specie per rilevamento, riflettendo il processo di colonizzazione delle specie residenti, ma presenta anche fluttuazioni dovute all'apparizione stagionale delle specie visitatrici e di passaggio così come alla perturbazione causata dalla pesca di frodo. L'abbondanza totale media e la biomassa sono influenzate soprattutto dalla variabilità stagionale. Dall'altro lato, abbiamo censito 47 specie di pesci (19 famiglie) sui fondi rocciosi circostanti Capo Cope. La dinamica delle associazioni di pesci sulle rocce naturali può essere spiegata tramite l'influenza della struttura dell'habitat, essendo le differenze stagionali attribuibili a episodi di reclutamento combinati con la comparsa di visitatori. I fattori (soprattutto relativi all'habitat) che influenzano le similitudini e le differenze osservate tra le associazioni di pesci delle barriere artificiali e di quelle naturali – in termini di composizione in specie, struttura dell'associazione e fluttuazioni temporali – sono state discusse, includendo per un confronto i dati di altre barriere artificiali e naturali studiate nel sud-est della Spagna.

G. RELINI, M. RELINI, G. TORCHIA, G. DE ANGELIS

Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale, DIP.TE.RIS, via Balbi, 5
16126 Genova, Italy. E-mail: biolmar@unige.it

TROPHIC RELATIONSHIPS BETWEEN FISHES AND AN ARTIFICIAL REEF

The stomach contents of 4 different species of teleosts were analysed in order to assess the role played by the Loano artificial reef in the nutrition of fish associated with it. In 1991 and 1992, in the area around this artificial reef, three species were fished using a gill net (357 specimens of *Diplodus annularis*, 88 of *Scorpaena porcus* and 69 of *Scorpaena notata*). In 1997-98 two species were caught by divers using elastic harpoons directly on the central part of the reef (49 specimens of *Scorpaena notata* and 49 of *Serranus cabrilla*).

The composition of the stomach contents - mainly crustaceans, amphipods and decapods - was compared with the species resident on the reef, in the surrounding bottoms and in the bottoms far from the reef. The samples of benthos were taken in 1996, 1997 and 1998 using various techniques, in particular suction sampling on the horizontal surface of the blocks, in the cavities and in the sediment surrounding the blocks.

The Strauss linear index were used to estimate the food selection.

The species *Scorpaena porcus* and *Scorpaena notata*, caught with gill nets, feeds not much on the species present on the blocks forming the artificial reef (respectively 3,9% and 5% of individuals belonging to species in common between the stomach contents and the samples taken from the blocks). From the trophic point of view, the species *S. notata*, caught with harpoons on the blocks forming the reef, proves to be more closely related to the artificial structures (66,7% of individuals belonging to species in common).

The species *Serranus cabrilla* feeds to a considerable extent directly on the reef blocks (61,3%).

Diplodus annularis feeds on more widely distributed species which are present both on the reef blocks (42,4%) and in the surrounding sediment (39,6%).

RELAZIONI TROFICHE TRA I PESCI E LA BARRIERA ARTIFICIALE

I contenuti stomacali di quattro differenti specie di teleostei sono stati analizzati al fine di stabilire il ruolo svolto dalla barriera artificiale di Loano nell'alimentazione dei pesci ad essa associati. Nel 1991 e nel 1992, nell'area circostante questa barriera artificiale sono state pescate tre specie utilizzando un tramaglio (357 esemplari di *Diplodus annularis*, 88 di *Scorpaena porcus* e 69 di *Scorpaena notata*). Negli anni 1997 - 98 due specie sono state prese direttamente sulla parte centrale della barriera (49 esemplari di *Scorpaena notata* e 49 di *Serranus cabrilla*) da parte di subacquei che hanno utilizzato arpioni elastici.

La composizione dei contenuti stomacali - soprattutto crostacei, anfipodi e decapodi - è stata confrontata con le specie residenti sulla barriera, nei fondali circostanti e in quelli distanti dalla barriera. I campioni di benthos sono stati presi nel 1996, 1997 e 1998 utilizzando varie tecniche, in particolare campionamenti per aspirazione sulla superficie orizzontale dei blocchi, nelle cavità e nei sedimenti attorno ai blocchi.

È stato utilizzato l'indice lineare di Strauss per determinare la selezione del cibo.

Le specie *Scorpaena porcus* e *Scorpaena notata*, catturate con il tramaglio, non si nutrono in particolare delle specie presenti sui blocchi formanti la barriera artificiale (rispettivamente 3,9% e 5% di individui appartenenti a specie ritrovate sia nei contenuti stomacali sia nei campioni presi sui blocchi). Dal punto di vista trofico, la specie *S. notata*, pescata con gli arpioni sui blocchi della barriera sembra essere più strettamente legata alle strutture artificiali (66,7% di individui appartenenti a specie in comune, cioè ritrovate sia nei contenuti stomacali sia nei campioni prelevati sui blocchi).

La specie *Serranus cabrilla* si nutre in gran parte direttamente sui blocchi della barriera (61,3%).

Diplodus annularis si nutre di specie più largamente distribuite che sono presenti sia sui blocchi della barriera (42,4%) sia sui sedimenti circostanti (39,6%).

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), **59** Suppl.: 36-42

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 121-122

G. RELINI, M. RELINI, G. TORCHIA, G. PALANDRI

Laboratori di Biologia Marina ed Ecologia Animale, DIP.TE.RIS, Via Balbi, 5 - 16126 Genova, Italy.

Tel: 010 2099461, E-mail: biolmar@unige.it

TEN YEARS OF CENSUSES OF FISH FAUNA ON THE LOANO ARTIFICIAL REEF

The Loano artificial reef was constructed by the local town council with the support of EU funds in 1986. Starting in February 1989 - two and a half years after its construction - and continuing up to December 1998, 105 visual census campaigns of fish fauna were carried out at two different stations. The surveys were conducted on an almost monthly basis. The technique employed involved observations made by scuba-divers from fixed points at the top of the structure across a transect between the internal passageways and around the pyramid. The data were recorded on a PVC sheet, reporting classes of abundance (1, 2, 3-5, 6-10, 11-30, 31-50, 51-100, ...) and distinguishing the various species and three size categories (juveniles, sub-adults, adults).

A total of 44 different species were counted. Ten consecutive years of observations have made it possible to make some remarks about the evolution of the fish population. Over the years there has been a gradual increase in the number of species observed. The progressive evolution of the population has led to both the appearance of new species (*Phycis phycis*, *Epinephelus marginatus*, *Murena helena*, *Parablennius gattorugine*) and the disappearance of others (*Gobius cruentatus*). In particular, in the case of some species typical of the hard substrata (*Apogon imberbis*, *Scorpaena notata*, *Serranus cabrilla*) the ten years of the study have seen a gradual increase in population which, 13 years after the construction of the reef, seems to have reached a certain balance. Besides the permanently resident nucleus made up of about 20 species, some other occasional visitors have been identified (*Dentex dentex*, *Seriola dumerili*) as well as species which are to be found concentrated around the artificial structures especially during their reproductive periods (*Symphodus tinca*).

DIECI ANNI DI CENSIMENTI DELLA FAUNA ALIEUTICA SULLA BARRIERA ARTIFICIALE DI LOANO

La barriera artificiale di Loano è stata costruita dal consiglio cittadino con il supporto di fondi della Comunità Europea nel 1986. A partire dal febbraio 1989 – due anni e mezzo dalla sua costruzione – fino al dicembre 1998, sono state svolte 105 campagne di censimenti visivi presso due diverse stazioni. Le campagne sono state condotte su una base approssimativamente mensile. La tecnica impiegata comprende osservazioni fatte da subacquei su punti fissi alla sommità della struttura lungo un transetto posto tra il passaggio interno e l'esterno della piramide. I dati sono stati raccolti su un foglio di PVC in cui si riportano le classi di abbondanza (1, 2, 3-5, 6-10, 11-30, 31-50, 51-100...) e si dividono le varie specie in tre categorie di taglia (giovani, subadulti, adulti).

È stato contato un totale di 44 specie diverse. Dieci anni consecutivi di osservazioni hanno reso possibile fare alcune considerazioni sull'evoluzione della popolazione di pesci. nel corso degli anni si è verificato un graduale aumento del numero di specie osservato. La progressiva evoluzione della popolazione ha portato sia alla comparsa di nuove specie (*Phycis phycis*, *Epinephelus marginatus*, *Murena helena*, *Parablennius gattorugine*) sia alla scomparsa di altre (*Gobius cruentatus*). In particolare, nel caso di alcune specie tipiche dei substrati duri (*Apogon imberbis*, *Scorpaena notata*, *Serranus cabrilla*) i dieci anni di studio hanno mostrato un graduale aumento della popolazione che, 13 anni dopo la costruzione della barriera, sembra abbiano raggiunto una certa stabilità. Accanto al nucleo di specie residenti, composto da circa 20 specie, sono stati individuati alcuni altri visitatori occasionali (*Dentex dentex*, *Seriola dumerili*) che sono stati trovati concentrati attorno alle strutture artificiali in particolare durante il loro periodo riproduttivo (*Symphodus tinca*).

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), **59** Suppl.: 132-137

J.H. COWAN JR., R.L. SHIPP, W. PATTERSON, A. STRELCHECK, J.R. MCCAWLEY

Dipartimento di Scienze Marine, LSCB Rm. 25, University of South Alabama - Mobile, 36688-0002
USA. Tel. 334 460-7136, E-mail: Jcowan@jaguar1.usouthal.edu

RED SNAPPER DEMOGRAPHICS AND ENERGETICS ON ARTIFICIAL REEFS: THE EFFECTS OF NEAREST-NEIGHBOR DYNAMICS

The recovery of some reefish stocks in the northern Gulf of Mexico (Gulf) has been attributed in part to an increase in habitat in the form of artificial reefs. However, some question whether or not artificial reefs are a positive influence on stock dynamics because of doubts about whether they produce or attract fish. In our estimation, this debate is largely a question of energetics. Fish gain energy through food; this energy is used for metabolic activities and growth. If sufficient energy to promote fish population in excess of losses of biomass due to natural mortality is available on a reef, then the reef will produce new biomass. However, if prey demand necessary to support the observed fish biomass on a reef is high and cannot be equated with local prey production, this would imply that foraging must be occurring elsewhere. Thus, fish production may be dependent on some critical density of artificial reefs within the fishes ambit.

To address this question, we are using the red snapper (*Lutjanus campechanus*) as a model in the northern Gulf. Numbers of red snapper declined rapidly until the early 1990's. In recent years, the stock has begun to recover; many have attributed this recovery to an increase in habitat in the form of artificial reefs. This is especially true off coastal Alabama where more than 20,000 reefs have been constructed since the 1950's within 3,100 km² of permitted artificial reef zones.

We describe results from several integrated projects that include assessment of red snapper size structure, biomass, and turnover rate (movement off and/or between reefs) on 18 experimental artificial reefs using a variety of catch-per-unit-effort, diver survey, video camera, and tag-recapture techniques. In addition, prey biomass and production, red snapper size-specific diet and age-and-growth data, as well as bioenergetics budgets for a variety of size classes of red snapper are used to estimate prey demand. All data then are related to side-scan sonar maps of abundance, distribution, and size (volume) of all artificial reefs within 1 km² of the experimental reefs. On all reefs, red snapper gut contents indicate that they are consuming prey as they move off, or between, reefs; velocity of movements between reefs is high, ranging from 0,025 to 0,136 km/d. Combined data suggest that reefs in relative isolation sustain lower fish biomasses.

DEMOGRAFICA ED ENERGETICA DEL LUTIANIDE ROSSO SULLE BARRIERE ARTIFICIALI: GLI EFFETTI DELLA DINAMICA DI VICINANZA-CONTINUITÀ

La ripresa di alcuni stock di pesci di barriera nel Golfo del Messico settentrionale è stata in parte attribuita all'aumento di habitat sotto forma di barriere artificiali. Ciononostante, sono state avanzate alcune domande se l'influenza delle barriere artificiali sia positiva o no sulla dinamica degli stock in relazione al dubbio se esse producano o attraggano pesci. Nella nostra valutazione, questi interrogativi sono fundamentalmente

una questione di energetica. I pesci traggono energia dal cibo; quest'energia è utilizzata per le attività metaboliche e per la crescita. Se sulla barriera è presente energia sufficiente per promuovere un incremento della popolazione di pesci oltre alla perdita di biomassa dovuta alla mortalità naturale, allora la barriera produrrà nuova biomassa. Comunque, se la richiesta di prede necessaria per sostenere la biomassa di pesci su una barriera è elevata e non può essere equilibrata dalla produzione locale di prede, questo implica che la ricerca di cibo dovrà essere effettuata da qualche altra parte. Perciò, la produzione di pesci può essere dipendente da alcune densità critiche delle barriere all'interno dell'area di distribuzione dei pesci.

Per affrontare questa problematica, abbiamo utilizzato il lutianide rosso (*Lutjanus campechanus*) come modello nella parte settentrionale del Golfo. Il numero del lutianide rosso è diminuito rapidamente a partire dai primi anni '90. Negli ultimi anni gli stock hanno cominciato a ricostituirsi; molti hanno attribuito questa ripresa ad un aumento di habitat sotto forma di barriere artificiali. Ciò è particolarmente vero presso le coste dell'Alabama, dove più di 20.000 barriere sono state costruite dal 1950 entro 3.100 km² di zone autorizzate.

Noi descriviamo i risultati provenienti da numerosi progetti integrati che includono la distribuzione delle taglie del lutianide e il livello di ricambio (movimento da e tra le barriere) su 18 barriere artificiali sperimentali utilizzando vari metodi quali catture per unità di sforzo, indagini subacquee, videocamera e tecniche di cattura e ricattura. Inoltre, sono utilizzati per stimare la richiesta di prede la biomassa delle prede e la produzione, i dati sulla dieta e sull'età e la crescita, così come i bilanci energetici per varie classi di taglia del lutianide rosso. Tutti i dati sono quindi stati correlati con le mappe di abbondanza, ottenute tramite il side-scan sonar, distribuzione e dimensione (volume) di tutte le barriere artificiali entro 1 km² di barriere sperimentali. Su tutte le barriere, i contenuti stomacali del lutianide indicano che questi pesci consumano prede mentre si spostano da e tra le barriere; la velocità di movimento tra le barriere è elevata, oscillando tra 0,025 e 0,136 km/giorno. I dati combinati suggeriscono che le barriere in relativo isolamento possono sostenere una biomassa inferiore di pesci.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "*Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats*": 70-77.

I.K.WORKMAN, A. SHAH*

National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science Center - Pascagoula,
Mississippi 39568-1207 USA. Tel: 228/762-4591, E-mail: iworkman@triton.pas.nmfs.gov

*Department of Mathematics and Statistics, University of South Alabama, Mobile - Alabama 36688-0001
USA. Tel: 334/460-6756, E-mail: ashsh@jaguar1.usouthal.edu

RECRUITMENT AND FIDELITY OF JUVENILE RED SNAPPER, *LUTJANUS CAMPECHANUS*, TO SMALL ARTIFICIAL REEFS

To help reduce the mortality of juvenile red snapper, *Lutjanus campechanus*, caused by shrimp trawling in the US Gulf of Mexico, it has become necessary to learn more about their early life requirements. Paramount to this is knowing their habitat needs, so studies were conducted on small artificial reefs located off Mississippi (1996-98) to determine habitat preferences, including recruitment and site fidelity, of juvenile red snapper.

Habitat preferences and recruitment were studied using three reef sets each containing three reef types and ten randomly selected open bottom sites. The reef types included two made of webbing (low and high profile) and a third made of oyster shell (low profile). The three reef sets were staged out at 50m, 70m and 90m from an existing large artificial reef with 10m of separation between study reefs. The open bottom sites were located within 3,7 km of the study reefs.

Two tagging studies were conducted to determine reef fidelity. In one, young snapper were captured at a small webbing reef, tagged with streamer tags and released. On follow-up surveys, divers recorded all tag resightings. Fish in the second tagging study were captured at a small concrete rubble reef site, tagged with streamer or sonic tags, and moved between 0,37 and 0,48 km away from the reef before release. These fish were tracked by divers using an underwater receiver and from the surface with a top-side receiver.

Age-0 and age-1 red snapper showed a preference for the more complex study reefs (high profile), but age-1 fish appeared to limit the recruitment of age-0 fish to the reefs. As age-1 fish out-grew the reefs and started to leave, increased numbers of age-0 fish began recruiting onto them. Distance from the large artificial reef also appeared to have an effect on recruitment. The first age-0 recruits were observed at the 50m reefs. They appeared at the 70 m reefs a week later and at the 90m reefs almost a month later. Age-1 fish showed a preference for the reefs located closest to the large reef. Age-0 red snapper were observed at one of the open bottom sites when it was first surveyed but were absent on a second survey conducted over a month later.

In the first tagging study, the number of resightings per survey varied, but tagged fish remained at the webbing reef through the end of the study (almost two months). Three displacement experiments were conducted. Behaviour among the released snapper varied, but their course headings (with only minor adjustments) were back in the direction of the capture site. The sonic tagged fish took about 25 min, from time of release, to reach the capture site. Streamer tags were observed on follow-up dives on the rubble reef.

Results of these studies will be helpful in determining management alternatives and perfecting shrimp trawl bycatch reduction mechanisms.

RECLUTAMENTO E FEDELTA' DEI GIOVANI DI LUTIANIDE LUTJANUS CAMPECHANUS A PICCOLE BARRIERE ARTIFICIALI

Per cercare di ridurre la mortalità dei giovani di lutianide *Lutjanus campechanus*, causata dalla pesca dei gamberi nel Golfo del Messico, è stato necessario conoscere qualcosa di più sulle esigenze delle loro prime fasi di vita. Di primaria importanza è conoscere le loro necessità di habitat, perciò sono stati condotti studi su piccole barriere artificiali situate al largo del Mississippi (1996-1998) per determinare le preferenze di habitat, compresi i siti di reclutamento e la fedeltà ai siti, dei giovani di lutianide.

Le preferenze di habitat e di reclutamento sono state studiate utilizzando tre gruppi di barriere (ciascuno contenente tre differenti tipi di barriera) e dieci siti su fondo libero naturale selezionati a caso. I tipi di barriera (moduli) includono due costituiti da nastri di polipropilene fissati su una cornice di $1,5 \times 1,5 \text{ m} \times 13 \text{ mm}$ (profilo basso e alto) e un terzo fatto da gusci di ostriche poste in un quadrato di $1,5 \times 1,5 \text{ m}$ (profilo basso). I tre gruppi di barriera sono stati posizionati a 50 m, 70 m e a 90 m da una grande barriera artificiale già esistente con 10 m di separazione tra le barriere di studio. I siti a fondo libero sono stati individuati entro 3,7 km dalle barriere di studio.

Sono stati condotti due studi di marcatura per determinare la fedeltà alle barriere. In uno, i giovani lutianidi sono stati catturati presso una piccola barriera di nastri, marcati e rilasciati. Nelle campagne successive, i subacquei hanno registrato tutti i pesci marcati riavvistati. I pesci nel secondo studio di marcatura sono stati catturati presso una piccola barriera di pietrame, marcati con fili a nastro o con marche sonore e spostati tra 0,37 e 0,48 km dalla barriera prima di essere rilasciati. Questi pesci sono stati individuati dai sub utilizzando un ricevitore subacqueo e dalla superficie tramite un ricevitore posto fuori dall'acqua.

Lutianidi di età-0 e di età-1 hanno mostrato una preferenza per le barriere di studio più complesse (alto profilo), ma i pesci di età-1 sembrano limitare il reclutamento degli individui di età-0 presso le barriere. Non appena i pesci di età-1 crescono e si allontanano, un numero maggiore di pesci di età-0 comincia ad aggregarsi presso la barriera. Anche la distanza dalla grande barriera artificiale sembra avere effetto sul reclutamento. I primi reclutamenti di età-0 sono stati osservati alla barriera distante 50 m, sono poi comparsi sulla barriera a 70 m una settimana e su quella a 90 m dopo circa un mese. I pesci di età-1 hanno mostrato una predilezione per le barriere situate più vicino alla grande barriera. Lutianidi di età-0 sono stati osservati presso uno dei siti a fondo libero durante il primo controllo, ma erano invece assenti nel corso del secondo controllo avvenuto un mese dopo.

Nel primo studio di marcatura, il numero di riavvistamenti per campagna era vario, ma i pesci marcati sono rimasti presso la barriera costituita da nastri di propilene per tutta la durata dello studio (circa due mesi). Sono stati condotti tre esperimenti di dislocamento dei pesci. Il comportamento tra i lutianidi rilasciati variava ma i loro percorsi (con solo minori correzioni) erano nella direzione dei siti di cattura. I pesci dotati di marche sonore impiegavano circa 25 min dal momento del rilascio per raggiungere il luogo ove erano stati catturati. Pesci con marche a filamenti sono stati osservati durante le successive immersioni sulla barriera di pietrame.

I risultati di questi studi saranno di aiuto nel determinare le alternative di gestione e nel perfezionare la riduzione delle catture accidentali durante la pesca dei gamberi.

J.S. STEPHENS JR., D. PONDELLA III

Vantuna Research Group, Moore Laboratory of Zoology, Occidental College, 1600 Campus Rd.
Los Angeles, California - 90041 USA. Tel: 805/546 8310, E-mail: stephens2@earthlink.net

PRODUCTIVITY ON A MATURE ARTIFICIAL REEF: THE ICHTHYOPANKTON OFF KING HARBOR, CA, USA, 1974-97

An ongoing argument regarding the efficacy of artificial reefs in enhancing fish populations concerns whether artificial reefs serve primarily to aggregate species or in fact become productive sites comparable to natural reefs of the region. Recently, in California, De Martini *et al.*, (1989) documented the level of somatic and gonadal growth of several species of fish on a small artificial reef. Because the majority of the reproductive output of the fish assemblage on such a reef is exported, it has been difficult to separate larval production on the reef from regional production in general. At King Harbor, CA, we have monitored ichthyoplankton and other life history stages of the fish assemblage since 1974. The isolated position of this rocky breakwater, at least 9 km from the natural reefs to the south (Palos Verdes) and more than 45 km from Catalina island to the southwest or Malibu, to the northwest supports the concept that early larval stages of obligate reef fishes taken near field to the King Harbor reef were produced there. When we examine larval stages that can be designated as reef obligates (about 40% of the near field larvae) and compare these to samples taken at similar depths elsewhere in the southern California bight, we have a relative measure of habitat productivity.

Our database includes 1812 samples collected monthly since 1974 at up to 8 depth stratified stations adjacent to the King Harbor breakwater. We have sorted larvae into 144 identification categories depending upon age from early yolk sac stages to recruiting YOY. Most early reef related stages can be identified to genus. May to September is the period of most larval production on the reef and larvae concentrate in the neuston and upper 2 meters as well as along the bottom. Annual obligate reef fish larval densities have varied from mean lows of 600 (1976, 1984, 1994-6) to 2700/1000 m³ (1980, 1997). Plankton volume does not closely correlate with ichthyoplankton densities. Available data sets from Los Angeles County Museum allow us to compare larval densities at similar site depths at a number of regional locations for 8 years. Preliminary analysis for 1978 and 1984 suggests that total larval densities at King Harbor were about the same as to double those for the bight, in general. We discuss densities of fish larvae by year at King Harbor and at comparative regional locations and also compare the densities of specific reef obligate species. These data should give us a strong indication of the contribution of this mature artificial reef to the larval pool of the region.

PRODUTTIVITÀ DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE MATURA: ITTIOPLANCTON AL LARGO DI KING HARBOR, CA, USA, 1974-97

Un argomento riguardante l'efficacia delle barriere artificiali nell'incrementare le popolazioni di pesci affronta il problema se le barriere artificiali servono primariamente per aggregare le specie o, di fatto, diventano siti di produzione comparabili alle barriere naturali presenti nella zona. Recentemente, in California, De Martini *et al.*,

(1989) hanno documentato il livello di crescita somatica e delle gonadi di molte specie di pesci di una piccola barriera artificiale. Poiché la maggior parte della produzione del popolamento di pesci di una simile barriera è esportata, è stato difficile separare la produzione larvale sulla barriera dalla più generale produzione della zona. Presso King Harbor, CA, abbiamo monitorato l'ittioplancton e altri stadi vitali delle associazioni di pesci a partire dal 1974. La posizione isolata di questo frangiflutti, al massimo a 9 km di distanza dalle barriere naturali a sud (Palos Verdes) e a più di 45 km dall'isola di Catalina a sud ovest da Malibu a nord ovest, supporta l'ipotesi che i primi stadi larvali dei pesci obbligatoriamente legati alla barriera presi in prossimità della barriera di King Harbor siano stati prodotti qui. Quando abbiamo esaminato gli stadi larvali che possono essere definiti obbligatoriamente legati alla barriera (circa il 40% delle larve della zona) e li abbiamo confrontati ai campioni presi a profondità simili da altre parti nel sud del Golfo della California, abbiamo ottenuto una misura relativa della produttività dell'habitat.

Il nostro database comprende 1812 campioni raccolti mensilmente a partire dal 1974 in 8 stazioni a differenti profondità ed adiacenti al frangiflutti di King Harbor. Abbiamo suddiviso le larve in 144 categorie di identificazione in base all'età a partire dai primi stadi del sacco vitellino al reclutamento di giovanili nell'anno (YOY). La maggior parte degli stadi legati alla barriera può essere identificata a livello di genere. Il periodo da maggio a settembre è quello di maggiore produzione larvale sulla barriera, e le larve si concentrano nel neuston o nei primi 2 metri e in vicinanza del fondo. Le densità annuali delle larve di pesci obbligatoriamente legati alla barriera variano da medie minime di 600 (1976, 1984, 1994-96) a 2700/1000 m³ (1980, 1997). Il volume del plancton non è strettamente collegato alla densità dell'ittioplancton. Le serie di dati disponibili al Museo della Contea di Los Angeles ci hanno consentito di confrontare le densità larvali di siti a simile profondità in un buon numero di località della regione per 8 anni. Le analisi preliminari per il 1978 e il 1984 hanno mostrato che la densità totale delle larve a King Harbor era più o meno uguale al doppio di quella del golfo in generale. Abbiamo considerato la densità delle larve di pesci per anno a King Harbor e in altri siti di confronto della zona e inoltre abbiamo confrontato la densità delle specie di pesci obbligatoriamente legati alla barriera. Questi dati possono darci un'indicazione del contributo di questa barriera artificiale matura al quantitativo di larve presenti nella zona.

G.W. INGRAM JR., R.L. SHIPP

Department of Marine Sciences, LSCB 25, University of South Alabama, Mobile, AL 36688 USA.
Tel: 334/ 460-7136, E-mail: gwingram@hotmail.com

MOVEMENT, GROWTH AND SURVIVAL OF GRAY TRIGGERFISH, *BALISTES CAPRISCUS*, INHABITING ARTIFICIAL AND NATURAL REEFS IN THE NORTH-CENTRAL GULF OF MEXICO

In the Gulf of Mexico (Gulf), the gray triggerfish (GTF) inhabits both natural and artificial reefs. Species like GTF that have pelagic early life history stages are assumed to belong to a genetically homogenous or unit stock. However, fish that exhibit high site fidelity may be prone to localized differences in population demographics. Therefore, the goal of this study is to determine if GTF may be better managed with respect to local demographics (i.e., with respect to management units within a unit stock, including differences between GTF inhabiting natural versus artificial reefs).

This study consists of two separate tagging projects conducted off the Alabama coast. The first project (P1) was conducted between June 1995 and December 1997 over nine artificial reefs with three reefs in each of three depth strata (20, 26, and 36 m). The second and currently ongoing project (P2) began in October 1997 and is being conducted over a cluster of five natural reefs in 20m of water and a cluster of six natural reefs in 32m of water.

Of the 201 GTF tagged during P1, 50 have been recaptured, with 31 recaptured at the site of release. Also, of the 500 GTF tagged during P2, 65 have been recaptured, with 49 recaptured at the site of release. The distribution of fork-length at tagging was significantly different ($p < 0,00001$) between P1 ($\bar{x} \pm s = 347 \pm 57$ mm) and P2 (297 ± 41 mm), which may result from gear bias and/or differences between reef habitats. Linear and von Bertalanffy growth parameters were estimated from combined data from both projects (i.e., 0,14 mm/day and $L_{\infty} = 836$ mm and $K = 0,0998$, respectively). During both projects, both magnitude of movement (P1: $p = 0,0000998$; P2: $p = 0,050$) and velocity (P1: $p = 0,0002$; P2: $p = 0,049$) increased significantly in GTF at large during tropical cyclones. Also, a trend of increasing survival and decreasing site fidelity with depth was found in both projects.

These preliminary results indicate possible differences in size distributions of GTF inhabiting artificial versus natural reefs, but similar movement patterns of GTF inhabiting both habitats during tropical cyclones. Also, with majority of recaptures occurring at the point of initial release, GTF seem to exhibit high site fidelity on both artificial and natural reefs.

Ultimately, this study will address possible GTF susceptibility to localized over-exploitation and profitability of no-take marine reserves consisting of artificial and/or natural reefs.

MOVIMENTO, CRESCITA E SOPRAVVIVENZA DEL PESCE BALESTRA BALISTES CAPRISCUS ABITANTE BARRIERE ARTIFICIALI E NATURALI NEL GOLFO DEL MESSICO CENTRO-SETTENTRIONALE

Nel Golfo del Messico (Golfo), il pesce balestra grigio (GTF), si trova sia nelle barriere artificiali sia in quelle naturali. Specie come il GTF, che hanno stadi precoci

giovanili pelagici, si assume che appartengano a uno stock unico o geneticamente omogeneo. Comunque, pesci che mostrano elevata fedeltà al sito possono presentare differenze locali nella demografia di popolazione. Perciò lo scopo di questo studio è quello di verificare se il GTF può essere meglio gestito in relazione alla demografia locale (cioè, rispetto alle unità di gestione all'interno di uno stock, includendo le differenze tra GTF viventi su una barriera naturale rispetto a quelli viventi in una barriera artificiale).

Questo studio consiste di due separati progetti di marcatura condotti lungo la costa dell'Alabama. Il primo progetto (P1) fu condotto dal giugno 1995 al dicembre 1997 su 9 barriere artificiali, con tre barriere in ognuno dei tre strati di profondità (20, 26 e 36 m). Il secondo progetto, tuttora in corso (P2), è cominciato nell'ottobre 1997 ed è stato condotto su di un campione di 5 barriere naturali in 20 m d'acqua e un campione di 6 barriere naturali in 32 m d'acqua.

Dei 201 GTF marcati durante P1, 50 sono stati ricatturati, 31 dei quali nel sito di rilascio. Inoltre, dei 500 GTF marcati durante P2, 65 sono stati ricatturati, dei quali 49 nel sito di rilascio. La distribuzione della lunghezza alla forca al momento della marcatura risultò significativamente diversa ($p < 0,00001$) tra P1 ($\delta \pm s = 347 \pm 57$ mm) e P2 (297 ± 41 mm), il che può essere in relazione ad errori dovuti all'attrezzo e/o a differenze negli habitat delle barriere. I parametri di crescita lineari e di Von Bertalanffy sono stati valutati dai dati combinati di entrambi i progetti (cioè 0,14 mm/giorno; $L_{\infty} = 836$ mm e $K = 0,0998$ rispettivamente). Durante entrambi i progetti sia l'ampiezza di movimento (P1: $p = 0,0000998$; P2: $p = 0,050$) sia la velocità (P1: $p = 0,0002$; P2: $p = 0,049$) aumentarono notevolmente nei GTF al largo durante i cicloni tropicali. Inoltre, fu notato un andamento crescente nella sopravvivenza e decrescente per la fedeltà al sito con la profondità in ambedue i progetti.

Questi risultati preliminari indicano possibili differenze nella distribuzione delle taglie dei GTF rinvenuti nelle barriere artificiali rispetto a quelle naturali, ma simili tipi di spostamento durante i cicloni tropicali dei GTF viventi in ambedue gli habitat.

Inoltre essendo la maggior parte delle ricatture avvenuta nel punto di rilascio iniziale, i GTF sembrano mostrare un'elevata fedeltà al sito sia sulle barriere artificiali sia naturali. Infine, questo studio indicherà una possibile sensibilità dei GTF al sovra-sfruttamento localizzato e ad una redditività delle riserve marine costituite da barriere artificiali e/o naturali in cui è vietato il prelievo.

P. SANCHEZ-JEREZ, A. RAMOS-ESPLÀ

Laboratory of Marine Biology, Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales,
Universidad de Alicante Ap. C. 99 - Alicante 03080, Spain. E-mail: psanchez@carn.ua.es

DETECTION OF FISH ASSEMBLAGE CHANGES USING
NOMETRIC-MULTIDIMENSIONAL SCALING MULTIVARIATE ANALYSIS:
INFLUENCE OF ARTIFICIAL HABITATS ON
POSIDONIA OCEANICA L. DELILE MEADOWS

Posidonia oceanica is degraded by illegal trawling in the Mediterranean Sea. For reducing this environmental impact, antitrawling artificial reefs have been submerged along the coast of SE Spain. The introduction of artificial hard habitat on the meadow should have an important influence on fish assemblage. The objectives of this paper are to explore the sensitivity of no-metric multidimensional scaling (PRIMER, Plymouth Marine Laboratory) and to detect the main effects of artificial habitats on *P. oceanica* fish assemblage. Using visual count techniques we attempt to define the adjustment of the fish assemblage structure by reason of the new habitat, by comparison of fish community on *Posidonia* meadow and *Posidonia* with blocks (artificial reef of El Campello, Alicante, SE Spain). The fish population were counted monthly during 3 years (November 92 to August 95) in 8 random sites of 100 m² on *P. oceanica* (15-17 m depth): 4 with two block (3 × 2 × 2) and 4 sites without blocks.

The results showed that the fish assemblage changed substantially in *P. oceanica* after a year from installation (October 92), clearly defined with respect to the abundance and number of species. No metric multidimensional scaling detected the differences between fish assemblage, with better results using the data without transforming (lower stress 0,01). The test of multiple permutations (ANOSIM) demonstrated statistically the differences between fish assemblage (R global: 0,974; p < 0,001) with similar results using transformed data. With respect to temporal changes, the new habitat seems to favor temporal stability of fish assemblage because resident species as *Sciaena umbra* and *Diplodus* spp. The selection of the kind of data transformation was very important because the different results obtained. The great dissimilarity between treatments was using non transformed data (average dissimilarity of 74.02, SIMPER results). The most important species for these differences were *Chromis chromis*, *Diplodus vulgaris*, *Apogon imberbis* and *Sciaena umbra*.

The introduction of artificial habitat, as an antitrawling artificial reef, with the aim of protecting *P. oceanica* meadows have an additional influence on fish assemblage structure, modifying the number of species and abundance, compared with the "natural" *Posidonia* fish assemblage. This aspect should be taken in account when the purpose of the artificial habitat is only provide protection. Changes on fish assemblage could affect to survival of another species with economical importance because the increase of predation. For detecting these changes, nm-MDS seems a very powerful statistical tool as it have been showed in the present work. Additionally, species as *D. vulgaris* and *S. umbra* can be two objective species in the investigation of the impact of the antitrawling artificial reefs on fish assemblage.

*RILEVAMENTO DEI CAMBIAMENTI DEI POPOLAMENTI ITTICI
UTILIZZANDO L'ANALISI MULTIVARIATA SENZA UNA
GRADUAZIONE MULTIDIMENSIONALE NON-METRICA: INFLUENZA
DEGLI HABITAT ARTIFICIALI SULLE PRATERIE DI
POSIDONIA OCEANICA L. DELILE*

La *Posidonia oceanica* nel Mediterraneo è degradata dalla pesca a strascico illegale. Per ridurre questo impatto ambientale, lungo la costa sud-est della Spagna sono state immerse barriere artificiali anti-strascico. L'introduzione di substrati duri artificiali nelle praterie può avere un'importante influenza sulle associazioni di pesci. Gli obiettivi di questo lavoro sono quelli di esplorare la sensibilità di una graduazione multidimensionale non-metrica (PRIMER, Plymouth Marine Laboratory) e di evidenziare i principali effetti degli habitat artificiali sulle associazioni di pesci legate a *P. oceanica*. Utilizzando tecniche di conteggio visivo abbiamo cercato di definire le variazioni nella struttura delle associazioni di pesci in relazione al nuovo habitat, confrontando comunità di pesci viventi su praterie di *Posidonia* e su *Posidonia* con blocchi (barriera artificiale di El Campello, Alicante, SE Spagna). La popolazione di pesci è stata contata mensilmente nel corso di tre anni (da novembre 1992 ad agosto 1995) in 8 siti casuali di 100m² su *Posidonia oceanica* (ad una profondità di 15 - 17 m): 4 siti con due blocchi (3 × 2 × 2) e 4 siti senza blocchi.

I risultati hanno mostrato che le associazioni di pesci su *P. oceanica* cambiano sostanzialmente in un anno dall'immersione dei blocchi (ottobre 92), sia nell'abbondanza che nel numero di specie. La graduazione multidimensionale non metrica mostra le differenze tra le associazioni, con migliori risultati quando si utilizzano i dati senza trasformazione (stress 0,01). Il test della permutazione multipla (ANOSIM) ha statisticamente dimostrato le differenze tra le associazioni (R globale: 0,974, $p < 0,001$), con risultati simili utilizzando i dati trasformati. Rispetto ai cambiamenti temporali, il nuovo habitat sembra favorire la stabilità nel tempo delle associazioni di pesci a causa della presenza di specie residenti come *Sciaena umbra* e *Diplodus* spp. La selezione del tipo di trasformazione dei dati è stata molto importante a causa dei differenti dati ottenuti. La grande diversità tra i trattamenti si è verificata utilizzando dati non trasformati (diversità media di 74,02, risultati SIMPER). Le specie più importanti per queste differenze sono state *Chromis chromis*, *Diplodus vulgaris*, *Apogon imberbis* e *Sciaena umbra*.

L'introduzione di un habitat artificiale, come una barriera anti-strascico, con lo scopo di proteggere le praterie di *Posidonia oceanica*, ha un'ulteriore influenza sulla struttura dell'associazione di pesci, avendo modificato il numero di specie e l'abbondanza, in confronto con la naturale associazione su *Posidonia*. Questo aspetto può essere tenuto in conto quando lo scopo della barriera artificiale è unicamente quello di protezione. Modificazioni dell'associazione di pesci possono influenzare la sopravvivenza di altre specie, con ripercussioni economiche dovute all'aumento della predazione. Per determinare queste modificazioni, nm-MDS sembra essere uno strumento statistico molto potente, come è stato dimostrato nel presente lavoro. Inoltre, specie come *D. vulgaris* e *S. umbra* possono essere due specie bersaglio nell'indagine riguardante l'impatto delle barriere artificiali anti-strascico sulle associazioni di pesci.

R. HERRERA, F. ESPINO, M. GARRIDO, R. HAROUN

Departimento De Biología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - 35017 Campus Universitario de Tafira - Islas Canarias, Spain. Tel/fax: 34 28 205002, E-mail: rherrera@idecnet.com

COLONIZATION PATTERN OF FISH POPULATIONS BETWEEN A COASTAL ARTIFICIAL REEF AND AN OCEANIC ARTIFICIAL REEF

During the last ten years, several artificial reefs have been constructed with concrete modules and located in the sea bed of the Canary Islands. One of them is located 2 miles off the southern coast of Gran Canaria Island, on a wide sandy bottom platform, situated at a distance of more than 1.5 miles from a natural rocky bottom. This reef was considered as an oceanic artificial reef. Another one was located off the Eastern Coast of Lanzarote Island (with two different groups of modules), at a distance of 300-500 m from the coast and near to other natural rocky bottoms, in a narrow sandy bottom platform. These reef were considered as coastal artificial reef. Fish populations were studied throughout 5 years by means of the "Point Count" visual census method.

The results of this study show that for both artificial reef 53 species were censused, being the coastal artificial reef (Artificial Reef of Lanzarote) colonized more quickly and by a large number of species than in the Artificial Reef of Gran Canaria during the first year of its installation. Besides, a greater number of juvenile fish were observed in the Lanzarote Reef. Some species arrived to the Artificial Reef of Lanzarote very soon, while in the Artificial Reef of Gran Canaria they were observed 1,5 years after its installation. The Artificial Reef of Lanzarote was colonized by juvenile and adult fish from nearest rocky bottoms while the Artificial Reef of Gran Canaria was mainly by recruits coming from the plankton.

In this way we could test that the artificial reef location in relation to other natural rocky bottoms is an important factor that influences the fish structure and composition of an artificial reef. Another relevant factor is the fishing activities in the reef area which may cause different effects on fish populations of both artificial reefs (oceanic and coastal).

ASPETTI DELLA COLONIZZAZIONE DELLE POPOLAZIONI ITTICHE IN UNA BARRIERA ARTIFICIALE COSTIERA ED IN UNA OCEANICA

Durante gli ultimi dieci anni, molte barriere artificiali sono state costruite con moduli di calcestruzzo e sistemate sul fondo marino delle Isole Canarie. Una di queste è situata 2 miglia al largo della costa meridionale dell'Isola di Gran Canaria, su di un'ampia piattaforma sabbiosa situata ad una distanza di più di 1,5 miglia da un fondo roccioso naturale. Questa barriera è stata considerata una barriera artificiale oceanica. Un'altra è stata sistemata al largo della costa orientale dell'isola di Lanzarote (con due diversi gruppi di moduli), a una distanza di 300-500 m dalla costa e vicino ad un altro fondo roccioso naturale, in una stretta piattaforma sabbiosa. Questa barriera è stata considerata una barriera artificiale costiera. Le popolazioni di pesci sono state studiate per 5 anni per mezzo del metodo di censimento visivo "Point Count".

I risultati di questo studio indicano che sono state censite 53 specie per entrambe le barriere artificiali, anche se la barriera artificiale costiera (Barriera Artificiale di

Lanzarote) è stata colonizzata più in fretta e da un più vasto numero di specie che la Barriera Artificiale di Gran Canaria nel corso del primo anno dalla loro costruzione. Inoltre, un maggior numero di giovanili è stato osservato sulla Barriera di Lanzarote. Alcune specie sono arrivate sulla barriera di Lanzarote molto presto, mentre sulla barriera artificiale di Gran Canaria, queste sono state osservate 1.5 anni dopo la sua immersione. La barriera artificiale di Lanzarote è stata colonizzata dai giovanili e dagli adulti provenienti dai vicini fondi rocciosi, mentre la barriera artificiale di Gran Canaria lo è stata per la maggior parte dal reclutamento proveniente dal plancton.

In tal modo è stato possibile provare che la sistemazione delle barriere artificiali in vicinanza di altri fondi rocciosi naturali è un importante fattore che influenza la struttura dei pesci e la composizione di una barriera artificiale. Un altro fattore rilevante è l'attività di pesca nell'area della barriera, che può provocare diversi effetti sulle popolazioni di pesci di entrambe le barriere artificiali (oceanica e costiera).

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), **59** Suppl.: 69-73

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 134-135

D.J. PONDELLA, J.S. STEPHENS

Vantuna Research Group, Moore Laboratory of Zoology, Occidental College - Los Angeles,
California 90041 USA. Tel: 323/ 259 2955, E-mail: pondella@oxy.edu

PRODUCTIVITY OF A TEMPERATE ARTIFICIAL REEF BASED UPON THE PRODUCTION OF YOUNG OF YEAR EMBIOTOCIDS (TELEOSTEI: PERCIFORMES)

The productivity of a mature temperate artificial reef was assessed using the density of adult and young of year (YOY) of the two embiotocids, *Embiotoca jacksoni* (black surfperch) and *Rhacochilus vacca* (pile surfperch). Fishes were surveyed on the breakwaters at King Harbor, Redondo Beach, California and at a nearby natural rocky-reef at Palos Verdes Point, Rancho Palos Verdes, California.

Surveys were conducted on two temporal scales in separate experiments. First, fishes were counted quarterly from 1974-1999 on the artificial reef at King Harbor and Palos Verdes Point as a rocky-reef control. This data set provides a continuous 25-year trend of these fishes population density. Second, in order to determine the role that recruitment plays for these adult populations, YOY surveys were conducted monthly from 1986-1999. We have used these Embiotocids to provide a model for reef productivity because they are viviparous and lack a pelagic larval or dispersal stage.

These two species both forage and reside on temperate rocky reefs. It has previously been demonstrated that fecundity is relative to food availability. Thus year to year fecundity, as a proxy for productivity, has been calculated from 1986-1999. Productivity figures from this data set were used to analyze the 25-year data sets. This period encompasses three major El Niño Southern Oscillations (ENSO), other episodic events, anthropogenic effects and a warming trend in the Southern California Bight. The effect of these events on the reef community was significant and may be critical for the long-term productivity of our nearshore reef communities.

**PRODUTTIVITÀ DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE TEMPERATA BASATA
SULLA PRODUZIONE DI GIOVANI DELL'ANNO
DI EMBIOTOCIDI (TELEOSTEI: PERCIFORMI)**

La produttività di una barriera artificiale matura in zona temperata è stata valutata utilizzando la densità degli adulti e dei giovani dell'anno (YOY) dei due embiotocidi *Embiotoca jacksoni* (black surfperch) e *Rhacochilus vacca* (pile surfperch). I pesci sono stati campionati sulle dighe di King Harbor, Redondo Beach, California e su una barriera rocciosa naturale vicina a Palos Verdes Point, Rancho Palos Verdes, California.

I campionamenti sono stati fatti con due periodicità temporali in esperimenti separati. Nel primo i pesci sono stati contati trimestralmente dal 1974 al 1999 sulla barriera artificiale a King Harbor e Palos Verdes Point come barriera rocciosa di controllo. Questa serie di dati ha fornito un andamento continuo per 25 anni della densità delle popolazioni di questi pesci. Nel secondo, allo scopo di determinare il ruolo che gioca il reclutamento per queste popolazioni di adulti, sono stati condotti mensilmente campionamenti di YOY a partire dal 1986 fino al 1999. Abbiamo utilizzato questi Embiotocidi per fornire un modello per la produttività della barriera poiché sono pesci vivipari e non hanno uno stadio larvale pelagico o dispersivo. Entrambe queste specie si procurano il cibo e vivono sulle barriere rocciose temperate. È stato precedentemente dimostrato che la fecondità è in relazione alla disponibilità di cibo. Perciò è stata calcolata di anno in anno, a partire dal 1986 fino al 1999, la fecondità come approssimazione della produttività. Gli schemi di produttività ottenuti da queste serie di dati sono stati utilizzati per analizzare le serie di dati di tutti i 25 anni. Questo periodo comprende tre delle maggiori Oscillazioni Meridionali di El Niño (ENSO), altri eventi episodici, effetti di origine antropica e una tendenza al riscaldamento nella Baia della California Meridionale. L'effetto di questi eventi sulla comunità di barriera è stato significativo e può essere stato critico per la produttività a lungo termine delle nostre comunità di barriera costiera.

R.K. TURPIN, S.A. BORTONE

Florida Center for Environmental Studies, 2301 McGregor Boulevard - Fort Myers, Florida 33901, USA.
Tel: 941/ 338 2929, E-mail: rturpin@SFWMD.gov

ARTIFICIAL REEFS AS REFUGIA: PRE- AND POST-HURRICANE VISUAL CENSUS EVIDENCE

Extensive visual censuses of artificial reef assemblages had been conducted in the northern Gulf of Mexico off Pensacola, Florida from 1991 to 1993. On 3 August and 4 October 1995, Hurricanes Erin and Opal, respectively, passed directly over the study area. Erin, a Class-2 storm, produced winds of 161 kilometers per hour and estimated wave heights of 3m. Opal, a Class-3 storm, produced winds of 202 kilometers per hour and much larger waves. After the hurricanes, many of these artificial reefs could not be located by fishermen and divers. This provided the opportunity to examine the effects and interaction of hurricanes and fishing pressure on the artificial reef and the associated fish assemblages. The objectives of this study were to locate and establish the post-hurricane positions of artificial reefs in a permitted artificial reef site 14 km off Pensacola, investigate the impacts of hurricanes on artificial reef fish assemblages and investigate the effects of subsequent fishing pressure on the artificial reef fish assemblages. Post-hurricane positions of 38 reefs were determined by side-scan sonar and identified visually by divers. Heavier artificial reef materials were least affected by wave surge, however, a large steel vessel was broken into several pieces. Lighter (low density) materials were displaced distances of at least 1.000m to the northwest.

Comparisons of pre- and post-hurricane fish faunal assemblages revealed a significant increase in average length of grouper (*Mycteroperca microlepis*). Because some artificial reefs were displaced by the hurricanes, fishing pressure was greatly reduced for a period of at least one year. The new coordinates for a number of the re-located reefs were released to the public, thereby subjecting the fish assemblages to fishing pressure.

Pre- and post-fishing comparisons of the dependent fish assemblage parameters indicated significant differences in the number of species, biomass, number of trigger-fish (*Balistes capriscus*), average length of grouper, and number and average length of snapper (*Lutjanus campechanus*). These study results, coupled with information provided by other researchers, indicate that artificial reefs may serve as refugia following severe storms. The refugia function of artificial reefs has potential utility in the design of marine reserves as well as offering an alternative strategy in development of fishery management plans.

BARRIERE ARTIFICIALI COME RIFUGIO: DIMOSTRAZIONE TRAMITE CENSIMENTO VISIVO PRIMA E DOPO UN URAGANO

Censimenti visivi estesi delle associazioni su di una barriera artificiale sono stati condotti nel Golfo del Messico settentrionale al largo di Pensacola, Florida, dal 1991 al 1993. Il 3 agosto e il 4 ottobre 1995, gli uragani Erin e Opal rispettivamente, sono passati direttamente sull'area di studio. Erin, un uragano di classe 2, ha portato venti di 161 chilometri all'ora e onde con un'altezza valutata intorno a 3m. Opal, un uragano

di classe 3, ha prodotto venti di 202 chilometri all'ora e onde molto più alte.

Dopo gli uragani non è stato possibile per i pescatori e i subacquei localizzare molte di queste barriere artificiali. Questo ha fornito l'opportunità di esaminare gli effetti e le interazioni degli uragani e della pressione di pesca sulle barriere artificiali e sulle correlate associazioni di pesci. Gli obiettivi di questo studio erano quelli di localizzare e stabilire le posizioni post-uragano delle barriere artificiali in un sito autorizzato di barriera artificiale 14 km al largo di Pensacola, analizzare gli impatti degli uragani sulle associazioni di pesci delle barriere artificiali e analizzare gli effetti della conseguente pressione di pesca sulle associazioni di pesci delle barriere artificiali. Le posizioni post-uragano di 38 barriere sono state determinate con il side-scan sonar ed identificate visivamente dai subacquei. I materiali più pesanti della barriera sono stati meno colpiti dalla violenza delle onde, comunque, una grande imbarcazione d'acciaio è stata ridotta in pezzi. I materiali più leggeri (a minore densità) sono stati dislocati a distanze di almeno 1.000 m a nord-ovest.

Confronti tra le associazioni di pesci prima e dopo l'uragano hanno rivelato un aumento significativo della lunghezza media della cernia (*Mycteroperca microlepis*). Poiché alcune barriere artificiali sono state spostate dagli uragani, la pressione di pesca è stata fortemente ridotta per circa un anno. Le nuove coordinate per un certo numero di barriere sono state rese disponibili al pubblico e perciò le associazioni di pesci sono state sottoposte di nuovo a pressione di pesca.

Confronti tra prima e dopo la pesca dei parametri dipendenti dalle associazioni di pesci hanno indicato significative differenze nel numero di specie, biomassa, numero di pesci balestra (*Balistes caprisus*), lunghezza media della cernia e numero e lunghezza media del lutianide (*Lutjanus campechanus*). I risultati di questo studio, assieme alle informazioni fornite da altri ricercatori, indicano che le barriere artificiali possono servire come rifugio dopo le violente tempeste. La funzione di rifugio delle barriere artificiali ha una potenziale utilità nella programmazione di riserve marine così come nell'offrire una strategia alternativa nello sviluppo di piani per la gestione della pesca.

I.R. ZALMON, R. NOVELLI*, M.P. GOMES, V.V. FARIA

Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego 2000 - Campos, 28015-620, Rio de Janeiro, Brazil. Tel: +55 24 7263709, E-mail: ilana@uenf.br

* Centro de Ciências do Homem, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego 2000 - Campos, 28015-620, Rio de Janeiro, Brazil.

AN ARTIFICIAL REEF PROGRAM ON THE NORTHERN COAST OF RIO DE JANEIRO, BRAZIL

Artificial reefs have become an important and popular resource enhancement technique because they concentrate fish and increase natural production of biological resources. Despite considerable enthusiasm, relatively little is known in Brazil about the biology and ecology of artificial reefs, and compared to qualitative assessments few quantitative scientific studies have been conducted. An experimental evaluation of artificial reefs as a habitat enhancement tool to attract nearshore fisheries was carried out on the northern coast of Rio de Janeiro (21°27'S, 41°00'W), a typically low relief bottom area. The reef complex (2500m²) consisted of two sets (concrete and tire); each set was comprised of 16 modules with subunits to record the epibenthic community. Trammel net was used in monthly samplings on the reef site and on a control area.

During the 24-month survey (April 1996 to March 1998), 51 fishes species were recorded, 25% of which were found exclusively on the artificial reef site. The most abundant families were Carcharhinidae, Carangidae and Ariidae. The aggregating power of the artificial structures appears to be strong as they showed up to three times the fish biomass (150 kg) and density (1050 inds) of the control site. *Ostrea equestris* and *Balanus* spp dominated the epibenthic community that initially developed on the different modules and were primarily responsible for a mean biomass of 180gm⁻² (dry weight).

However, this dominance was reduced 60% after four months, with other *taxa* such as hydroids, corals, sponges and tunicates increasing in community importance. The results showed an increasing diversity of fishes with the age of the artificial reef and the evolution of the macrobenthos settlement. Fish diversity was higher on the concrete experimental structures than on the tire modules, probably because the latter showed a lower stability. The effectiveness of the complex reef as an artificial habitat for fishes is also shown by the predominance of the shark *Rhizoprionodon lalandii*, a predator of small teleosts, commonly found on the reef structures. Modular artificial reefs may prove useful in the management of certain local preferred coastal resources.

UN PROGRAMMA DI BARRIERA ARTIFICIALE SULLA COSTA SETTENTRIONALE DI RIO DE JANEIRO, BRASILE

Le barriere artificiali sono diventate un'importante e popolare tecnica di miglioramento delle risorse, poiché concentrano i pesci e migliorano la naturale produzione delle risorse biologiche. Nonostante un considerevole entusiasmo, relativamente poco si sa in Brasile riguardo alla biologia ed all'ecologia delle barriere artificiali e, rispetto alle valutazioni qualitative, sono stati condotti pochi studi scientifici quantitativi. Una

valutazione sperimentale delle barriere artificiali come strumento di miglioramento dell'habitat per la pesca costiera è stata condotta sulla costa settentrionale di Rio de Janeiro (21°27'S, 41°00'W), con un fondale tipico caratterizzato da bassi rilievi. Il complesso di barriera (2500 m²) consiste di due gruppi (cemento e copertoni); ogni gruppo comprendeva 16 moduli con subunità per studiare la comunità epibentica. È stata utilizzata la rete a tramaglio per campionamenti mensili sul sito di barriera e su un'area di controllo.

Durante la campagna di 24 mesi (da aprile 1996 a marzo 1998), sono state registrate 51 specie di pesci, il 25% dei quali è stato trovato esclusivamente sul sito di barriera artificiale. Le famiglie più abbondanti sono state quelle dei Carcharinidae, Carangidae e Ariidae. Il potere aggregante delle strutture artificiali sembra essere forte, come mostrato per i pesci dal triplo della biomassa (150 kg) e della densità (1050 individui) rispetto al sito di controllo. *Ostrea equestris* e *Balanus* spp. dominarono la comunità epibentica che si è sviluppata inizialmente sui diversi moduli e sono stati i principali responsabili di una biomassa media di 180 gm⁻² (peso secco).

Comunque, questa dominanza si è ridotta del 60% dopo quattro mesi, con altri *taxa* come idroidi, coralli, spugne e tunicati che hanno accresciuto la loro importanza nella comunità. I risultati hanno evidenziato una crescente diversità di pesci con l'invecchiare della barriera artificiale e l'evoluzione dell'insediamento del macrobenthos.

La diversità dei pesci è risultata più alta sulle strutture sperimentali di cemento che sui moduli costituiti da copertoni, probabilmente poiché questi ultimi hanno mostrato una minore stabilità. L'efficacia del complesso di barriera come habitat artificiale per pesci è inoltre mostrata dalla predominanza dello squalo *Rhizoprionodon lalandii*, un predatore di piccoli teleostei, comunemente rinvenuto sulle strutture a "reef". Le barriere artificiali modulari possono risultare utili nella gestione di determinate risorse costiere locali di maggiore interesse.

M.G. BENTLEY*, C.D. TODD

Gatty Marine Laboratory, University of St Andrews - St Andrews, KY 168LB U.K.

* Indirizzo attuale: Dipartimento di Scienze Marine e Gestione Costiera, University of Newcastle - Newcastle upon Tyne, NE17RU. Tel: +44 (0)191 222 5350, E-mail: m.g.bentley@ncl.ac.uk

A STUDY OF FISH AND MACROCRUSTACEANS AROUND THE TORNESS ARTIFICIAL REEF IN THE FIRTH OF FORTH (NORTH SEA)

Torness artificial reef lies ~1 km offshore from Cove, Berwickshire (S.E. Scotland). It was constructed during 1984 by the dumping of ~210.000 tonnes of bedrock rubble derived from the construction of Torness AGR nuclear power station. It lies parallel to the shoreline and covers an area of 1000m×150m at approximately 20 m depth. The natural substratum inshore of the reef is predominantly sand with occasional rock outcrops; offshore from the reef the substratum is of flat consolidated cobble interspersed with sand.

Sampling, including preparatory ROV video surveys and still photography, was undertaken over a three year period (July 1988 - September 1990) "inshore" of the reef (depth ~18 m), "offshore" (~24 m) and "on" the reef itself. Demersal fish and macrocrustacean populations were sampled using commercial and sport fishing gear, including trammel nets, gill nets, long-lines, creels and handlines (feathers and bait). Throughout the study a total of 23 fish species were captured. Cod (*Gadus morhua*) accounted for 62% of all fish taken and was the only fish species to show a clear response to the reef structure. In 1988 and 1989 catches of cod were significantly greater on the reef than inshore or offshore from the reef. In 1990 catches of cod were higher overall, but with a less clear association with the reef structure. Cod gut content analyses showed a high incidence of (shoaling) sand eels, *Ammodytes* spp., in the diet in 1990 which might account for the lesser association with the reef structure itself.

Catches of commercially important crab (*Cancer pagurus*) and lobster (*Homarus gammarus*) were variable between years, with significantly higher numbers of crabs taken in 1989. There were no significant between-site ('on-off reef') differences in crabs catches over the three year period. Catches of lobster were highest in 1989 and 1990, due in part to increased fishing effort. Of the non-commercially important invertebrates sampled, only the urchin *Echinus esculentus* and the sea star *Asterias rubens* were sufficiently abundant to permit detailed population analyses. Both species showed similar population structures inshore of the reef and on the reef itself; offshore from the reef the urchin and sea star populations were markedly different in terms of their abundance and size distributions. There were, overall, strong indications that there was a generally enhancing effect of the reef on the local populations.

STUDIO SUI PESCI E SUI MACROCRUSTACEI ATTORNO ALLA BARRIERA ARTIFICIALE DI TORNESS NEL FIORDO DI FORTH (MARE DEL NORD)

La barriera artificiale di Torness si trova a circa 1 km al largo della costa di Cove, Berwickshire (Scozia sud-occidentale). Fu costruita durante il 1984 immergendo circa 210.000 tonnellate di detrito roccioso proveniente dalla costruzione della centrale elet-

trica nucleare AGR di Torness. Giace parallela alla linea di costa e ricopre un'area di 1000m×150m ad una profondità approssimativa di 20m. Il substrato naturale verso la costa è prevalentemente sabbioso con rocce affioranti occasionali; verso il largo il substrato è a ciottoli compatti frammisti a sabbia.

Il campionamento, comprendente indagini video preliminari e fotografie con ROV, fu svolto durante un periodo di tre anni (luglio 1988 - settembre 1990) verso la costa (profondità ~ 18m), verso il largo (~ 24m) e sulla barriera stessa. I pesci demersali e le popolazioni di macrocrustacei sono stati campionati utilizzando attrezzi da pesca commerciali e sportivi, comprese le reti a tramaglio, nasse, canne da pesca (piuma ed esca). Durante lo studio sono state catturate un totale di 23 specie di pesci. Il merluzzo (*Gadus morhua*) rappresenta il 62% del totale delle catture ed è risultata essere l'unica specie che mostra una chiara risposta alla struttura della barriera. Nel 1988 e 1989 le catture di merluzzi sono state significativamente maggiori sulla barriera che verso la costa o verso il largo. L'analisi dei contenuti stomacali dei merluzzi ha evidenziato un'alta incidenza di ciccerelli, (*Ammodites* spp.), nella dieta del 1990, che può essere attribuita ad una minore associazione con la struttura stessa della barriera.

La cattura di granchi di importanza commerciale (*Cancer pagurus*) e di astici (*Homarus gammarus*) è stata variabile nel corso degli anni, con un numero notevole di granchi catturati nel 1989. Non ci sono state differenze significative tra i siti (costa - largo - barriera) nelle catture di granchi durante il periodo di tre anni. Le catture di astici sono state più alte nel 1989 e nel 1990, in parte a causa di un aumento dello sforzo di pesca. Degli invertebrati senza importanza commerciale, solamente il riccio di mare *Echinus esculentus* e la stella marina *Asterias rubens* sono risultati sufficientemente abbondanti per permettere analisi dettagliate di popolazione. Entrambe le specie hanno mostrato simili strutture di popolazione verso la costa e sulla barriera stessa; verso il largo le popolazioni dei ricci e delle stelle sono risultate marcatamente differenti in termini di abbondanza e distribuzione delle taglie. In generale sono state riscontrate chiare indicazioni dell'esistenza di un effetto della barriera nell'aumento dell'incremento sulle popolazioni locali.

M.J. GARRIDO, R. HAROUN, R. HERRERA

Fac. Ciencias del Mar, Edif. Ciencias Básicas, Universidad de las Palmas de Gran Canaria - 35017 Las Palmas, Spain.
Tel: 928 452851, E-mail: mgarrido@biologia.ulpgc.es

STRUCTURE AND DYNAMICS OF MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES AT CANARIAN ARTIFICIAL REEFS (CENTRAL-EAST ATLANTIC OCEAN)

During the last decade, several Artificial Reefs were placed in the Canary Islands with the main aim to improve artisan fisheries. Periodic biota assessment were carried out in Gran Canaria and Lanzarote Artificial Reefs, including benthic flora and fauna as well as pelagic fish since 1991. One Artificial Reef was studied in Gran Canaria Island (1991-97) with 85 modules and two Artificial Reefs in Lanzarote Island (1993-97) with 35 and 34 modules respectively.

The objective of this contribution is to compare the structure and dynamics of the dominant macroinvertebrate communities observed on the surfaces of the different reefs units. We have attempted to describe the relevance of different factors, such as module designs and distribution in the sand, and the role of the environmental conditions, upon the biodiversity variations of the typical macroinvertebrate communities, that settle in these habitats along the Canarian coastline.

Visual census of benthic macroinvertebrate were done by divers provided with PVC tables. At least 50% of the reef modules were sampled every time in each reef site. In the tables, the species and the number of specimens detected on each type of module were annotated. To analyse the whole data, cluster analysis of similarity and principal component analysis were done. Furthermore, the Shannon-Weaver biodiversity index of every area and type of reef module were plotted along the time.

The results obtained from the historical records of the three Artificial Reef Areas provided a strong support for a macrobenthic community characterised by very few species (the echinoderm *Diadema antillarum*, the polychaetes *Hermodice carunculata*, and the decapods *Stenorhynchus lanceolatus* and *Pagurus anachoretus*). After several succession stages, the long-spined sea urchin *Diadema antillarum* becomes the dominant species in the three Areas.

Modules with big cavities and holes bigger than 20 cm deep are heavily occupied by *Diadema* specimens. This trend is more strong in the Artificial Reefs located in calm waters; whereas Artificial Reef placed in exposed areas presents less number of sea urchins, the module design and placement of the reef modules have a strong effect on the dynamics of the macroinvertebrate communities.

STRUTTURA E DINAMICA DELLE COMUNITÀ DI MACROINVERTEBRATI SULLE BARRIERE ARTIFICIALI DELLE CANARIE (OCEANO ATLANTICO CENTRO-ORIENTALE)

Durante l'ultimo decennio, numerose barriere artificiali sono state immerse nelle Isole Canarie allo scopo principale di incrementare la pesca artigianale. La valutazione periodica della comunità biologica è stata fatta sulle barriere artificiali a Gran Canaria e a Lanzarote, comprendendo la fauna e la flora bentonica così come i pesci pelagici

a partire dal 1991. In Gran Canaria (1991-97) è stata studiata una barriera artificiale con 85 moduli, e in Lanzarote (1993-97) due barriere artificiali con rispettivamente 35 e 34 moduli.

L'obiettivo di questo studio è quello di confrontare la struttura e le dinamiche delle comunità dominanti di macroinvertebrati osservati sulla superficie delle diverse unità di barriera. Abbiamo cercato di descrivere la rilevanza dei diversi fattori, come la forma dei moduli e la distribuzione nella sabbia e il ruolo delle condizioni ambientali sulle variazioni della biodiversità delle tipiche comunità di macroinvertebrati che si insediano in questi habitat lungo le coste delle Canarie.

Il censimento visivo dei macroinvertebrati bentonici è stato fatto da subacquei provvisti di tabelle in PVC. Almeno il 50% dei moduli di barriera è stato campionato tutte le volte in ogni sito di barriera. Sulle tabelle sono stati annotati le specie e il numero degli organismi rinvenuti su ogni tipo di modulo. Per analizzare la totalità dei dati sono state fatte analisi sui cluster di similarità e analisi delle componenti principali. Inoltre, l'indice di biodiversità di Shannon-Weaver di ogni area e di ogni tipo di modulo è stato definito nel tempo.

I risultati ottenuti dalle serie storiche delle tre Aree di Barriera Artificiale hanno consentito di descrivere una comunità macrobentonica caratterizzata da poche specie (l'echinoderma *Diadema antillarum*, il polichete *Hermodice carunculata* e i decapodi *Stenorhynchus lanceolatus* e *Pagurus anachoretus*). Dopo alcuni stadi di successione nella comunità, il riccio di mare dalle lunghe spine *Diadema antillarum* è diventato la specie dominante nelle tre aree.

I moduli con grandi cavità e buchi più profondi di 20 cm sono stati massicciamente occupati da individui di *Diadema*. Questa tendenza è più marcata nelle barriere artificiali situate in acque calme: mentre nelle barriere artificiali situate in zone esposte è presente un minor numero di ricci di mare. La forma del modulo e la posizione dei moduli di barriera hanno un forte effetto sulla dinamica delle comunità di macroinvertebrati.

F.W. STEIMLE, W.H. BURTON¹, J. SHULMAN FARRAR¹, B.E. CONLIN²

Howard Laboratory, National Marine Fisheries Service - Highlands, New Jersey 17732 USA.

¹ Versar Inc., 9200 Rumsey Road - Columbia, MD 21045 USA.

Tel: 732/872 3059, E-mail: Frank.Steimle@noaa.gov

² US Department of the Army, Corps of Engineers - Philadelphia, Pennsylvania 19107-3390 USA.

BENTHIC MACROFAUNA SECONDARY PRODUCTIVITY ENHANCEMENT AND MITIGATION SUCCESS BY AN ARTIFICIAL REEF IN DELAWARE BAY, U.S.A.

Pre-fabricated, concrete slab artificial reef units were placed in Delaware Bay to mitigate subtidal habitat loss in the upper estuary and monitored for five years. The potential enhancement value of the reef as a source of food for fishery resources was estimated using secondary productivity of its epifauna compared to the natural sand infauna for the reef area. Secondary productivity was estimated by converting biomass values for blue mussel, *Mytilus edulis* and other *taxa* into energy equivalents, and then applying appropriate P:B ratios.

Mean production of natural sand fauna was estimated at 217 or 251 kcal m⁻² yr⁻¹, while that of artificial reef surfaces was 3,994 or 9,281 kcal m⁻² yr⁻¹, using high and low *M. edulis* P:Bs. The 407 m² of reef surface produced between 1,61 to 3,74 × 10⁻⁶ kcal yr⁻¹ of epifauna compared to 7,83 to 9,05 × 10⁻³ kcal yr⁻¹ per reef footprint area. There was substantial annual variability in the productivity based on the recruitment success of *M. edulis*. The average footprint enhancement ratio of estimated secondary production of the reef epifauna and the natural sand infauna for the area ranged between 168 to 354 (using both high and low *M. edulis* P:Bs). Since the ratio of reef unit surface area (surface exposed for epifauna) to footprint surface area (sediment surface available to infauna) is only 11,3, the 161-354 average reef enhancement ratios suggests that this artificial reef complex did significantly improve the availability of benthic invertebrates as potential fishery resource forage and for other functions, but was also dependent on the population dynamics of *M. edulis*.

Estimates of secondary benthic production were used to compare gains in epifaunal communities in the lower estuary to losses in infaunal communities in the upper estuary to evaluate the success of the mitigation effort in replacing the lost secondary benthic production. Results indicated that the artificial reef provides enhanced benthic secondary production per unit area over the lost habitat, but that total production did not equal what was lost. The benthic secondary production per square meter of the lost habitat equaled approximately 177 kcal yr⁻¹, and the total lost production due to filling in the shallow water habitat was approximately 100 million kcal yr⁻¹. Although the artificial reef had a significantly greater production per square meter (between 2.000 and 12.000 kcal yr⁻¹), its total benthic secondary production (between 13 and 77 million kcal yr⁻¹) fell short of replacing lost production.

*AUMENTO DELLA PRODUTTIVITÀ SECONDARIA DELLA
MACROFAUNA BENTONICA E BUONA RIUSCITA DELLA
MITIGAZIONE PER UNA BARRIERA ARTIFICIALE
IN DELAWARE BAY, U.S.A.*

Lastre di calcestruzzo prefabbricate per barriere artificiali sono state immerse e monitorate per cinque anni nella baia di Delaware per mitigare la perdita dell'habitat subtidale nella parte superiore dell'estuario. Le potenzialità di miglioramento dovute alla barriera come fonte di cibo per le risorse di pesca sono state valutate utilizzando la produttività secondaria della sua epifauna, comparata all'infauna naturale dei fondali sabbiosi nell'area della barriera. La produttività secondaria è stata valutata convertendo i valori di biomassa per il mitilo *Mytilus edulis* e altri *taxa* negli equivalenti energetici e quindi applicando gli appropriati rapporti P:B.

La produzione media dell'infauna naturale della sabbia è stata valutata di 217 o 251 kcal m⁻² yr⁻¹, mentre quella delle superfici della barriera artificiale era 3,994 o 9,281 kcal m⁻² yr⁻¹, utilizzando per *Mytilus edulis* il più alto e il più basso P:B. 407 m⁻² di superficie della barriera producono tra 1,61 e $3,74 \times 10^{-6}$ kcal yr⁻¹ di epifauna, confrontata con 7,83 o 9,05 kcal yr⁻¹ per area ricoperta dalla barriera. Esiste una sostanziale variabilità annuale nella produttività, basata sul successo di reclutamento di *Mytilus edulis*. Il rapporto medio tra l'aumento di produzione secondaria per area ricoperta dalla barriera valutato per l'epifauna di barriera e per l'infauna naturale della sabbia di quella zona varia da 168 a 354 (utilizzando sia il più alto e il più basso P:B per *Mytilus edulis*). Poiché il rapporto dell'unità di superficie della barriera (superficie esposta all'insediamento dell'epifauna) con l'area occupata dalla barriera (superficie del sedimento disponibile per l'infauna) è solo 11,3, il rapporto di miglioramento medio di 161-354 suggerisce che il complesso di barriere artificiali aumenta significativamente la disponibilità di invertebrati bentonici come potenziale cibo per le risorse della pesca e per altre funzioni, ma è anche dipendente dalla dinamica di popolazione di *Mytilus edulis*.

Stime della produzione secondaria bentonica sono state utilizzate per confrontare i guadagni nelle comunità dell'epifauna della parte inferiore dell'estuario alle perdite nelle comunità dell'infauna della parte superiore dell'estuario per valutare la riuscita dello sforzo di mitigazione nel rimpiazzare la produzione secondaria bentonica perduta. I risultati hanno indicato che la barriera artificiale fornisce un'aumentata produzione secondaria bentonica per unità di area sull'habitat perso, ma che la produzione totale non eguaglia quella persa. La produzione secondaria bentonica per metro quadro dell'habitat perduto era circa 177 kcal yr⁻¹ e la produzione totale persa, dovuta al riempimento dell'habitat delle acque poco profonde, era di circa 100 milioni di kcal yr⁻¹. Sebbene la barriera artificiale abbia una produzione per metro quadro nettamente più elevata (tra 2.000 e 12.000 kcal yr⁻¹), la sua produzione secondaria (tra 13 e 77 milioni di kcal yr⁻¹) non è sufficiente per rimpiazzare la produzione perduta a causa del riempimento.

F. PEREIRA BRANDINI, A. SCHEFFER DA SILVA¹, E. TEIXEIRA DA SILVA,
J.A.G. CHARTON², F.P. BRUZAMOLLIN³

Centro de Estudos do Mar - Universidade Federal do Paraná, 83 255-000 - Pontal do Paraná, Paraná, Brazil -
Tel. 55.41.455 1333, E-mail: brandini@aica.cem.ufpr.br

¹ Dept. Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico 81531-990 Curitiba, Paraná, Brazil.

² Dept. de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia - 30100, Murcia, Spain.

³ Instituto ECOPLAN, R. Padre Agostinho 1114, 80.000 - Curitiba, Paraná, Brazil.

A PILOT EXPERIMENT ON ARTIFICIAL HABITAT ON COASTAL AND MID-SHELF WATERS OF PARANÁ STATE - SOUTHERN BRAZIL

Artificial habitat studies on the sandy bottom shelf off Paraná State, Southern Brazil, have been performed since January 1997, when the first 31 experimental concrete blocks of $1 \times 0,8 \times 0,8$ m were deployed at 3 points along a cross-shelf transect, at distances ranging from 4 to 30 miles off the coast. The project aims to investigate patterns of fish and invertebrates colonization in relation to the hydrographic regime.

Four blocks were placed at 11 m (site A), nine at 18 m (site B) and eighteen at 28 m depth (site C). Blocks were therefore not only subjected to seasonal but also cross-shelf environmental gradients, ranging from shallow, warm and turbid waters near the coast to deep cold and nutrient rich waters in mid-shelf regions. The latter were constantly affected by bottom intrusions of the South Atlantic Central Water, specially during summertime. In winter, cross-shelf gradients were less pronounced and temperatures were homogeneously distributed throughout the study transect. After one year of submersion, routine diving observations and *in situ* sampling of biological material revealed remarkable differences in community development among reef positions. Reefs at point A near the coast, were mostly colonized by young spiny lobsters (*Panulirus* sp) and small pelagic fish. The intermediate reefs (point B) harbored the most abundant epilithic fauna with *taxa* ranging from small serpulid polychaetes, barnacles, hydroids and colonial ascidians to a large % cover of bivalves of the genus *Crassostrea*. Young fishes such as *Ephinephelus itajara* and other fish from the Serranidae and Carangidae families, also occupied the reef. The deeper artificial reef (point C) harbored less abundant epilithic fauna and a more abundant adult fish population from the Serranidae family.

These results will serve as baselines for future large scale multipurpose artificial reef programs off the coast of Paraná State.

UN ESPERIMENTO PILOTA SU DI UN HABITAT ARTIFICIALE IN ACQUE COSTIERE ED AL CENTRO DELLA PIATTAFORMA CONTINENTALE NELLO STATO DI PARANÁ – BRASILE MERIDIONALE

Studi di habitat artificiale sulla piattaforma a fondo sabbioso presso lo stato di Paraná, nel Brasile meridionale, sono stati condotti a partire dal gennaio 1997, quando i primi 31 blocchi di calcestruzzo sperimentali, delle misure di $1 \times 0,8 \times 0,8$ m, sono stati immersi in tre punti lungo un transetto che attraversava la piattaforma, a distanze variabili da 4 a 30 miglia dalla costa. Il progetto mira ad indagare le modalità di colonizzazione di pesci ed invertebrati in relazione al regime idrografico. Quattro blocchi

sono stati posti a 11 m (sito A), nove a 18 m (sito B) e diciotto a 28 m di profondità (sito C). I blocchi, perciò, erano soggetti non solo a gradienti ambientali dovuti alle stagioni, ma anche a gradienti trasversali nella piattaforma, che vanno da acque poco profonde, calde e torbide vicino alla costa ad acque profonde, fredde e ricche di nutrienti nella zona posta a metà piattaforma. Queste ultime sono risultate essere continuamente influenzate da intrusioni profonde delle acque dell'Atlantico centro-meridionale, soprattutto durante l'estate. In inverno, i gradienti trasversali della piattaforma sono stati meno pronunciati e le temperature omogeneamente distribuite lungo tutto il transetto di studio. Dopo un anno di immersione, le osservazioni subacquee ed i campionamenti *in situ* di materiale biologico hanno rivelato notevoli differenze nello sviluppo della comunità dovute alle diverse posizioni delle barriere. La barriera al punto A vicino alla costa era colonizzata soprattutto da giovani aragoste (*Panulirus* sp) e piccoli pesci pelagici. La barriera intermedia (punto B) ospitava più abbondante fauna epilitica, con *taxa* che vanno da piccoli policheti serpulidi, cirripedi, idroidi e ascidie coloniali fino ad una larga percentuale di ricoprimento da parte di bivalvi del genere *Crassostrea*. Giovani pesci come *Ephinephelus itajara* e altri pesci delle famiglie di Serranidae e di Carangidae occupavano la barriera. La barriera artificiale più profonda (punto C) ospitava una fauna epilitica meno abbondante ma una popolazione più numerosa di pesci adulti della famiglia dei Serranidae. Questi risultati serviranno di base per programmi futuri e di ampia scala per la costruzione di barriere artificiali multifunzionali lungo la costa dello stato di Paraná.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 147-148

K.J. COLLINS, A.C. JENSEN, I.P. SMITH

School of Ocean and Earth Science, University of Southampton - Southampton SO143ZH, UK.

OXYGEN FLUXES OF ENCLOSED REEF EPIBIOTA COMMUNITIES

The conventional way of estimating reef epibiota rate of growth is through taking a time series of samples from a know area. This is likely to underestimate the true growth rate since this cannot account for loss by predation or other means. Ecological modelling of reef energy flows would require a knowledge of the gross rates of biomass production. Enclosed chamber experiments have a long history in examining the respiration and production rates of single species mostly in the laboratory but also corals and algae in the field. The technique has also been applied to determining soft sediment processes. This study incubated single concrete blocks (20×20×40 cm) from the Poole Bay artificial reef, supporting a mixed algal and faunal community, in a perspex chamber on the sea bed under dark and light conditions. Oxygen concentrations were monitored and the epibiota removed for determination mass composition of the different taxonomic groups present. For summer experiments (temperature 17-19°C), a clear relationship between ash free dry weight and dark respiration has been determined:

$$O_2(\Phi\text{mol}) = 0,072 \text{ (gAFDW)} - 0,208 \text{ (R}^2=0.9385\text{)}$$

Determination of the algal biomass to explain the oxygen production in the light has been less certain. The technique has also been adapted for *in situ* experiments on vertical concrete dock walls. The relationship of these instantaneous measures of oxygen flux to longer term reef epibiota productivity are explored.

FLUSSI DI OSSIGENO IN COMUNITÀ DI EPIBIONTI IN UNA BARRIERA ISOLATA

Il metodo tradizionale per valutare il tasso di crescita degli epibionti di barriera è quello di raccogliere una serie temporale di campioni in un'area conosciuta. Ciò equivale a sottostimare il reale tasso di crescita poiché è impossibile tenere conto delle perdite dovute alla predazione o ad altre cause. I modelli ecologici dei flussi di energia in una barriera richiedono la conoscenza del tasso grezzo di produzione di biomassa. Esperimenti in una camera isolata hanno una lunga tradizione per quanto riguarda la valutazione del tasso di respirazione e di produzione delle singole specie, soprattutto in laboratorio, ma anche in campo soprattutto per coralli ed alghe. Questa tecnica è stata anche utilizzata per determinare i processi nei sedimenti molli (incoerenti). In questo studio sono stati incubati singoli blocchi di calcestruzzo ($20 \times 20 \times 40$ cm) della barriera artificiale di Poole Bay, blocchi ricoperti da una comunità mista di alghe e fauna e posti in una camera di perspex sul fondo marino in condizioni di luce e buio. Le concentrazioni di ossigeno sono state monitorate e gli epibionti rimossi per la determinazione della biomassa dei differenti gruppi tassonomici. Per gli esperimenti estivi (temperatura attorno a $17-19^{\circ}\text{C}$) è stata determinata una evidente relazione tra il peso secco privato delle ceneri e la respirazione al buio:

$$\text{O}_2(\Phi\text{mol}) = 0,072 (\text{gAFWD}) - 0,208 \quad (R^2 = 0,9385)$$

La determinazione della biomassa algale per spiegare la produzione di ossigeno alla luce è stata meno evidente. La tecnica è stata inoltre adattata per esperimenti *in situ* su pareti verticali in calcestruzzo di bacini portuali. Viene esaminata la relazione tra queste misure istantanee del flusso di ossigeno e la produttività a lungo termine degli epibionti di barriera.

E. GODOY AIRES DE SOUZA, R. COUTINHO*

Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego - Horto, Campos - RJ, Brazil. Tel: 55/024 7263709, E-mail: godoy@uenf.br

* Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira, Rua Kioto 253, Praia dos Anjos - CEP: 28930-000 - Arraial do Cabo, RJ, Brasil.

FISH COLONIZATION IN ALGAE ARTIFICIAL BEDS IN PRESENCE AND ABSENCE OF A SEASONAL BED OF *SARGASSUM FURCATUM* AT CABO FRIO ISLAND, ARRAIAL DO CABO, RIO DE JANEIRO, BRAZIL

The beach of Cabo Frio Island, Brazil (42°27'W, 23°01'S) shows a sandstone formation that goes underwater, where a seasonal bed of *Sargassum furcatum* grows, at high abundance during the spring-summer, a period related to upwelling events. During the winter, *S. furcatum* population decreases and reduces the associated fauna and flora.

In the present study, we compared the process of colonization and succession of fish community in a natural and an artificial *Sargassum* bed in two season. Our hypothesis is that artificial structures placed next to the natural *Sargassum* bed during the winter could sustain the rich fauna and flora of the area.

Four artificial *Sargassum* beds were built (each measuring 5×2 meters), and disposed at a distance nearly to 20 meters among each other, at 5 meters deep and 50 meters parallel to the natural bed. We used a plastic *Sargassum* mimic at a density of 65 mimics/m². The experiments were performed from June to September (winter) and from January to March (summer). The visual census technique (by SCUBA diving), was used to survey the fish abundance and diversity weekly. We observed a higher number of species at artificial *Sargassum* beds (30) than in the natural bed in the winter and a similar number in the summer (20). However, we obtained a higher density of fish in the natural bed than in artificial one in winter (68 vs. 48 fish/m²) and summer (192 vs. 60 fish/m²). Differences among the density of fish in natural and artificial beds may be associated to the density of *Sargassum*. During the summer, the density of *Sargassum* reached 90 plants/m². Maximum mimic density used in the treatment (65m²) was probably sufficient enough to maintain the winter fish population.

The use of *Sargassum* mimic seems to be appropriate to studies of ecological processes and an alternative to help maintaining fish population when *Sargassum* population decreases seasonally.

COLONIZZAZIONE DEI PESCI SU UN FONDO DI ALGHE ARTIFICIALI IN PRESENZA E ASSENZA STAGIONALE DI *SARGASSUM FURCATUM* NELL'ISOLA DI CABO FRIO, ARRAIAL DO CABO, RIO DE JANEIRO, BRASILE

La spiaggia dell'isola di Cabo Frio, in Brasile (42°27'W, 23°01'S) mostra una formazione di arenaria che si estende sott'acqua e sulla quale si forma stagionalmente un fondo a *Sargassum furcatum*, che raggiunge la massima abbondanza in primavera-estate, periodo in cui si manifesta l'upwelling. Durante l'inverno, la popolazione di *S. furcatum* diminuisce e si riducono la fauna e la flora associate.

Nel presente studio, abbiamo confrontato il processo di colonizzazione e succes-

sione della comunità di pesci in un fondale di sargassi naturale e uno artificiale, in due diverse stagioni. La nostra ipotesi è che le strutture artificiali poste vicino al fondo naturale di sargassi durante l'inverno possano sostenere la ricca fauna e flora dell'area.

Sono stati costruiti quattro banchi artificiali di sargassi (ognuno di 5×2 metri) e sistemati a una distanza di circa 20 m l'uno dall'altro, a 5 m di profondità e a 50 m parallelamente al banco naturale. Abbiamo usato una copia di *Sargassum* di plastica con una densità di 65 fronde di plastica/m². Gli esperimenti sono stati svolti da giugno a settembre (inverno) e da gennaio a marzo (estate). La tecnica di censimento visivo (per mezzo di subacquei) è stata utilizzata per rilevare settimanalmente l'abbondanza e la diversità dei pesci. Abbiamo osservato un numero più alto di specie presso il banco di sargassi artificiali (30) che presso quello naturale in inverno e un numero simile in estate (20). Comunque, abbiamo ottenuto una maggiore densità di pesci sul banco naturale rispetto a quello artificiale in inverno (68 contro 48 pesci/m²) e in estate (192 contro 60 pesci/m²). Le differenze tra la densità dei pesci nei banchi artificiali e quelli naturali possono essere dovute alla densità di *Sargassum*. Durante l'estate, la densità del *Sargassum* arriva a 90 piante/m². La massima densità raggiunta dalle piante artificiali nell'esperimento (65/m²) era probabilmente sufficiente per mantenere la popolazione invernale di pesci.

L'utilizzo di copie artificiali di *Sargassum* sembra essere adatto per studiare i processi ecologici ed essere un'alternativa per mantenere la popolazione di pesci quando il *Sargassum* naturale decresce stagionalmente.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), **59** Suppl.: 111-115

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 150-151

R. PUGLIESE

South Atlantic Fishery Management Council

REGULATION OF ARTIFICIAL REEFS FOR FISHERY MANAGEMENT: THE EVOLUTION OF THE COOPERATIVE STATE/FEDERAL PROCESS TO DESIGNATE ARTIFICIAL REEFS AS SPECIAL MANAGEMENT ZONES, ESSENTIAL FISH HABITAT - HABITAT AREAS OF PARTICULAR CONCERN AND ARTIFICIAL REFUGIA IN THE SOUTHEAST UNITED STATES EXCLUSIVE ECONOMIC ZONE

The South Atlantic Fishery Management Council, guided by the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act, conserves and manages our nation's marine fish stocks and their essential habitat in federal waters off the Southeast United States.

The Council presently regulates fishing on artificial reefs by cooperatively working with state agencies, through a process established in our Snapper Grouper Fishery Management Plan, to designate artificial reefs as Special Management Zones (SMZ). Federal regulations are subsequently promulgated to limit allowable fishing gears used on the specified artificial reefs or SMZs.

In addition, the Magnuson-Stevens Act directs the Council to identify Essential Fish Habitat or “those waters and substrate necessary to fish, or spawning, breeding, feeding, or growth to maturity” for Federally managed marine species. Subsequently, the Council acknowledging the important role appropriately constructed and placed artificial reefs play in the marine ecosystem identified them as not only Essential Fish Habitat but as Essential Fish Habitat-Habitat Areas of Particular Concern.

The Council is developing a new fishery management tool further expanding the management of artificial reefs in the Southeast United States Exclusive Economic Zone. This process involves the establishment of marine fishery reserves including the designation of select artificial reefs as reserves or “Artificial Refugia”.

*REGOLAMENTAZIONE DELLE BARRIERE ARTIFICIALI PER LA
GESTIONE DELLA PESCA: L'EVOLUZIONE DEL PROCESSO DI
COOPERAZIONE STATO/FEDERALE PER DESIGNARE LE BARRIERE
ARTIFICIALI COME ZONE A GESTIONE SPECIALE, HABITAT
ESSENZIALI PER I PESCI – AREE DI HABITAT DI PARTICOLARE
INTERESSE E RIFUGI ARTIFICIALI NELLA ZONA ECONOMICA
ESCLUSIVA DEGLI STATI UNITI SUDORIENTALI*

Il Consiglio Sud Atlantico della Gestione della Pesca, sotto l'egida dell'Atto di Magnuson-Stevens per la Conservazione e la Gestione della Pesca, conserva e gestisce gli stock di pesci della nostra nazione ed i loro habitat essenziali nelle acque federali degli Stati Uniti Sudorientali. Il Consiglio attualmente regola la pesca sulle barriere artificiali tramite un lavoro di cooperazione con le agenzie di stato, attraverso uno schema stabilito nel nostro Piano di Gestione della Pesca per le cernie ed i Lutianidi, per designare le barriere artificiali come Zone a Gestione Speciale (SMZ). Le regolamentazioni federali sono di conseguenza promulgate per limitare l'utilizzo delle attrezzature da pesca consentite utilizzate sulle barriere artificiali indicate o sulle SMZ.

Inoltre l'Atto di Magnuson-Stevens indirizza il Consiglio a identificare gli Habitat Essenziali per i Pesci o “quelle acque e substrati necessari ai pesci, alla loro riproduzione, deposizione, nutrimento o raggiungimento della maturità” per le specie marine gestite dallo stato federale. Di conseguenza il Consiglio ha preso conoscenza del ruolo importante che le barriere artificiali appropriatamente costruite e immerse svolgono nell'ecosistema marino e le ha identificate non solo come Habitat Essenziali per i Pesci ma come Habitat Essenziali per i Pesci - Aree di Habitat di Particolare Interesse.

Il Consiglio sta sviluppando un nuovo strumento per la gestione della pesca per ampliare ulteriormente lo sviluppo delle barriere artificiali nella Zona Economica Esclusiva degli Stati Uniti Sudorientali. Questo processo coinvolge l'istituzione delle riserve da pesca marina, comprese le barriere artificiali selezionate come riserve o “rifugi artificiali”.

K. YANO, H. NARUMI¹, A. HONMA², S. KITAHARA³

Department of Marine Sciences and Technology, School of Engineering, Hokkaido Tokai University -
Minami-ku, Sapporo 005-8601, Japan.

¹ Research and Design Department, Nippon Data Service Co., Ltd., kita-16, higashi-19 -
Higasi-ku, Sapporo, 065-0016, Japan.

² Harbor Work Section, Kushiro Development and Construction Department, Hokkaido Development Bureau,
nusamai-cho - Kushiro-shi, Hokkaido, 085-0836, Japan. Tel: 011/780 1115, E-mail: h-narumi@ndsinc.co.jp

³ Fisheries Engineering Section, River and Port Division, Civil Engineering Research Institute,
Hokkaido Development Bureau, Hiragishi - Toyohira-ku, Sapporo, 062-8602, Japan.

SPAWNING OF SPEAR SQUIDS *LOLIGO BLEEKKERI* ON BREAKWATERS AND THE SURVIVAL OF THEIR EGGS

In Hokkaido ports on the Sea of Japan and along the Tsugaru Straits, which are along the course of the spawning migration of spear squids, *Loligo bleekkeri*, their eggs were found on breakwaters and other port structures. Therefore, research has been conducted on the spawning properties of spear squids and survival rates of eggs on breakwaters and reefs, as well as on related physical environment properties.

Spear squids lay their egg capsules on top of hollows in reefs and cavities in wave-dissipating blocks. In natural reefs, however, there are not many cavities near the sea bottom which are suitable for spawning. Eggs were found on seaweed, ropes, anchors, sand and in other places which were thought to be unsuitable for hatching. On breakwaters and other structures, they lay their eggs in cracks in vertical concrete walls of breakwaters and quays, as well as in the cavities of wave-dissipating works and armor blocks. In deep cavities created by wave-dissipating works and armor blocks, more eggs were found on blocks that were deeper in the cavities than the second row from the end of the slope.

Since spawning grounds on reefs are not deep enough in many cases, the intensity of illumination may be high at some parts to which egg capsules adhere. In highly illuminated spawning grounds, diatoms adhere to the surface of egg capsules and the survival rate decreases. In ports with little current, silt adheres to the surface of egg capsules and also decreases the survival rate. The cavities of wave-dissipating blocks, on the other hand, are washed by swift waves and the intensity of illumination is low. There are no substances adhered to the surface of egg capsules and the survival rate is high. As a result, it is indicated that breakwaters and other port structures form a better environment than natural reefs as spawning grounds of spear squids and that it would be possible to create spawning grounds using breakwaters.

FECONDAZIONE DEL CALAMARO LANCIA *LOLIGO BLEEKKERI* SUI FRANGIFLUTTI E SOPRAVVIVENZA DELLE SUE UOVA

Nei porti di Hokkaido del mare del Giappone e lungo gli stretti di Tsugaru, che sono sul percorso di migrazione riproduttiva del calamaro lancia *Loligo bleekkeri*, sono state trovate uova sulle dighe e su altre strutture portuali. A tal fine, è stata condotta una ricerca sia sulle proprietà di riproduzione del calamaro lancia e sui tassi di sopravvi-

venza delle sue uova sui frangiflutti e sulle barriere, sia sulle relative proprietà fisiche dell'ambiente.

Il calamaro lancia depone le capsule con le uova sulla parte alta degli incavi delle barriere e nelle cavità e dei blocchi frangiflutti. Nelle barriere naturali, comunque, non ci sono molte cavità vicine al fondo utilizzabili per la deposizione delle uova. Le uova sono state trovate sulle alghe, sulle funi, sulle ancore, sulla sabbia e in altri posti che si credevano inutilizzabili per la deposizione delle uova. Sui frangiflutti e su altre strutture, essi depongono le uova in fessure sui muri verticali di calcestruzzo dei frangiflutti e dei moli, così come sulle cavità delle dighe e dei blocchi di cemento armato. Nelle cavità profonde create dalle dighe e dai blocchi di cemento armato, sono state trovate più uova sui quei blocchi che erano più in profondità della seconda fila dalla fine della scarpata.

Poiché le superfici ove attaccare le uova sulle barriere in molti casi non sono abbastanza profonde, l'intensità dell'illuminazione può essere elevata nelle zone ove aderiscono le capsule ovigere. Nelle superfici maggiormente illuminate, le diatomee aderiscono alla superficie delle capsule ovigere e il tasso di sopravvivenza diminuisce. Nei porti con una scarsa corrente, il fango aderisce alla superficie delle capsule e anche in questo caso si ha una diminuzione del tasso di sopravvivenza. Le cavità dei blocchi frangiflutti, d'altra parte, sono spazzate dalle onde e l'intensità dell'illuminazione è bassa. Non ci sono sostanze adese alla superficie delle capsule e il tasso di sopravvivenza è elevato. Come risultato, si è indicato che i frangiflutti e altre strutture portuali creano un ambiente migliore che le barriere naturali quale substrato per la riproduzione del calamaro lancia ed è perciò possibile creare substrati per la deposizione delle uova utilizzando i frangiflutti.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "*Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats*": 158-165.

O.M. DE WITT, G.S. ALSPACH JR.¹, W. PARKS², C. SPEIR³

101 Chapel Road - Easton, Maryland 21601 USA. Tel: 410/ 820 6496, E-mail: dmyatt@bluecrab.org

¹ Biology Department, Western Maryland College - Westminster, Maryland 21157 USA.

² 488 Silver Court - Westminster, Maryland 21157 USA.

³ Environmental Economics Department, Virginia Institute of Technology - Blacksburg, Virginia USA.

COMPARATIVE GROWTH AND MORTALITY OF AMERICAN OYSTER, *CRASSOSTREA VIRGINICA*, ON ARTIFICIAL REEFS AND NATURAL SUBSTRATES IN THE CHESAPEAKE BAY

Reef builders hypothesize that substrates elevated into the water column provide better habitat for the fouling community, because off-bottom conditions are better for feeding, waste elimination and respiration. Reef builders also contend that animals placed in this more appropriate micro-environment provided by elevated structural habitats are more resistant to mortality by disease or other natural causes.

To examine these hypotheses, we artificially set oyster larvae on each 30 cm³ man-made concrete cube-shaped units, mounds of limestone rocks approximately the same size as the cubes, and flat trays of fresh oyster shell cultch. This was done in a controlled environment to insure we achieved optimal spat sets. We monitored the substrates for set rate, growth rate and survival rate for 60 days, then transferred them to test stations in tributaries of the Maryland portion of the Chesapeake Bay.

Set rates in the controlled environment were highest for the shell cultch and limestone and lowest on the concrete unit. At the end of the study, growth rate was about ten percent higher on the concrete cubes (mean size, 63,02 mm) than on limestone (mean size, 53,62 mm) or shell (mean size, 52,65 mm). Survival was also highest on the concrete cubes (94%), with the limestone next highest (68%), and the shell the lowest (49%). These observations remained consistent after test materials were relocated to Bay waters.

The small sample size prevented statistically valid conclusions, but the preliminary findings encouraged us to follow the small-scale experiment with full-scale deployments on an artificial reef. One thousand 60 cm³ concrete cube units, 100 m³ of limestone boulder piles, and 1.500 m³ of fossil oyster shell piles were placed on an artificial reef in the Chesapeake Bay in the fall of 1997 to expedite the replacement of structural habitat once provided by natural oyster reefs.

CONFRONTI DELLA CRESCITA E DELLA MORTALITÀ DELL'OSTRICA AMERICANA CRASSOSTREA VIRGINICA SUB BARRIERE ARTIFICIALI E SUBSTRATI NATURALI NELLA BAIÀ DI CHESAPEAKE

I costruttori di barriere ipotizzano che substrati che si alzano dal fondo nella colonna d'acqua costituiscono un habitat migliore per la comunità fouling in quanto le condizioni ad una certa distanza dal fondo sono più favorevoli per l'approvvigionamento di cibo, l'eliminazione dei rifiuti e la respirazione. I costruttori di barriere sostengono inoltre che gli animali situati in questo microambiente più favorevole costituito

da habitats strutturalmente elevati sono più resistenti alla mortalità per malattie o altre cause naturali.

Per esaminare queste ipotesi abbiamo artificialmente posto larve di ostriche ogni 30 cm³ di piccoli moduli cubici artificiali di calcestruzzo, di mucchi di calcare approssimativamente della stessa misura dei cubi e di strutture basse riempite di frammenti freschi di gusci di ostriche. Ciò è stato fatto in ambienti controllati al fine di ottenere serie ottimali di giovanili insediati. Abbiamo monitorato i substrati per andamento dell'insediamento, tasso di crescita e tasso di sopravvivenza per 60 giorni, quindi abbiamo trasferito i giovanili alle stazioni di studio nei tributari della porzione del Maryland appartenente alla Baia di Chesapeake.

Il tasso di insediamento negli ambienti controllati è risultato più elevato sui frammenti di conchiglie e sui blocchi di calcare e minore sulle unità di calcestruzzo. Alla fine dello studio, il tasso di crescita era circa del 10% più alto sui blocchi di calcestruzzo (dimensione media 63,02 mm) che sui blocchi di calcare (dimensione media 53,62 mm) o sulle conchiglie (dimensione media 52,65 mm). La sopravvivenza era inoltre più alta sui blocchi di calcestruzzo (94%), seguita dai blocchi di calcare (68%) e più bassa (49%) sui gusci. Queste osservazioni sono rimaste valide anche dopo che i materiali studiati sono stati nelle acque della Baia.

La ridotta dimensione del campione ha impedito conclusioni statisticamente valide, ma i risultati preliminari ci hanno incoraggiato a far seguire l'esperimento su scala ridotta da quello su larga scala con immissioni su una barriera artificiale. Mille unità cubiche di calcestruzzo di 60 cm³, 100 m³ di pile di massi calcarei e 1.500 m³ di gusci fossili di conchiglie sono stati posti su una barriera artificiale nella Baia di Chesapeake nell'autunno 1997 per facilitare il recupero e ristrutturazione di un habitat un tempo costituito da banchi naturali di ostriche.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "*Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats*": 166-171.

P. BRIONES-FOURZÁN, E. LOZANO-ÁLVAREZ

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Estación Puerto Morelos, P.O. Box 1152, Cancún Q.R. - 77500 México. Tel 987/ 10219
E-mail: briones@mar.icmyl.unam.mx

EFFECT OF ARTIFICIAL SHELTERS (*CASITAS*) ON THE ABUNDANCE OF JUVENILE SPINY LOBSTERS *PANULIRUS ARGUS* IN A REEF LAGOON

Casitas are artificial shelters successfully used in some fisheries for the Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. *Casitas* are deployed in shallow areas with marine vegetation, where the “postlarval” juveniles (≥ 20 mm carapace length, CL) dwell. *Casitas* mimic the natural shelters sought by these lobsters, and take advantage of the gregariousness of the juveniles and subadults. Many publications deal with *casita*-based fisheries, population parameters of lobsters occupying *casitas*, and ecological features of areas where *casitas* are deployed.

However, the hypothesis of whether *casitas* actually increase the abundance of lobsters has not been tested. To test this hypothesis, we conducted a field experiment in the reef lagoon at Puerto Morelos, Mexico, where *casitas* had never been used before.

Despite a high influx of lobster postlarvae into the lagoon (monitored since 1990), juvenile abundance is rather low, presumably because of a shortage of natural shelters.

From April 1997 to April 1998, we conducted monthly censuses for spiny lobsters in nine separate sites of 100×100 m (1 ha), with at least 200 m between adjacent sites. The sites were 2 to 3 m deep, with low to moderate seagrass and macroalgae density. Lobsters were counted, measured, and those ≥ 25 mm CL tagged. All lobsters were juvenile (size range: 10.7–56.5 mm CL) and sex ratio was approximately 1:1. No movement of tagged lobsters was recorded among sites. Lobster density varied widely, both in space and time. Sites 1, 3, 4, 7 and 8 consistently yielded zero lobster counts, whereas sites 2, 5, 6, and 9 always contained lobsters, with a monthly maximum of 10 to 31 lobsters $\times$ ha⁻¹ in site 2. This introduced two categories in our sites (“with lobsters” and “without lobsters”). In July 1998, two of the four “with lobsters” and three of the five “without lobsters” sites were randomly chosen to deploy, also randomly, 10 *casitas* in each (“experimental sites”); the rest were left as controls. Bimonthly lobster censuses are being conducted since September 1998 and will be continued for one year.

Despite temporal variations, lobster abundance in the experimental sites of both categories has dramatically increased, whereas abundance in the control sites has remained similar to their pre-*casita* values. Size distribution of lobsters is similar to the pre-*casita* censuses and between experimental and control sites. Therefore, *casitas* do seem to increase lobster abundance in areas where scarcity of natural shelters cause a population bottleneck effect.

EFFETTI DEI RIFUGI ARTIFICIALI (CASITAS) SULL'ABBONDANZA DEI GIOVANI DI ARAGOSTA *PANULIRUS ARGUS* IN UNA LAGUNA DI BARRIERA

Le *casitas* sono rifugi artificiali utilizzati con successo in alcune marinerie caraibiche per la pesca dell'aragosta *Panulirus argus*. Le *casitas* vengono poste in aree poco profonde con vegetazione marina, dove vivono i giovanili "post-larvali" (≥ 20 mm di lunghezza del carapace, CL). Le *casitas* imitano i rifugi naturali ricercati da questi animali e sono favorite dalla gregarietà dei giovanili e dei subadulti. Molte pubblicazioni trattano della pesca basata sulle *casitas*, sui parametri delle popolazioni di aragoste che occupano le *casitas* e fattori ecologici delle aree in cui sono presenti delle *casitas*.

Comunque, l'ipotesi se le *casitas* aumentano l'abbondanza delle aragoste non è stata attualmente testata. Per testare questa ipotesi, abbiamo condotto un esperimento di campo nella laguna di scogliera corallina a Puerto Morelos, Messico, dove le *casitas* non erano mai state utilizzate precedentemente. Nonostante un elevato arrivo delle larve di aragosta nella laguna (monitorato dal 1990), l'abbondanza dei giovani si è rivelata piuttosto bassa, presumibilmente a causa della mancanza di rifugi naturali.

Dall'aprile 1997 all'aprile 1998, abbiamo condotto censimenti mensili per le aragoste in nove differenti siti di 100×100 m (1 ha), con almeno 200 m tra i siti adiacenti.

I siti si trovavano a 2–3 m di profondità con una densità di prateria e macroalghe da bassa a moderata. Le aragoste sono state contate, misurate e quelle ≥ 25 mm marcate.

Tutte le aragoste erano giovani (intervallo di lunghezze: 10,7–56,5 mm CL) e il rapporto sessi era approssimativamente 1:1. Non sono stati registrati spostamenti degli animali marcati tra i siti. La densità degli animali varia ampiamente, sia nel tempo, sia nello spazio. I siti 1, 3, 4, 7 e 8 non hanno mostrato alcuna aragosta, mentre i siti 2, 5, 6 e 9 contenevano sempre alcuni animali, con un massimo mensile da 10 a 31 ind./ettaro nel sito 2. Questo introduce due categorie di siti ("con aragoste" e "senza aragoste").

Nel luglio 1998, due dei quattro siti "con aragoste" e tre dei cinque "senza aragoste" sono stati scelti casualmente per disporre, sempre casualmente, 10 *casitas* in ognuno ("siti sperimentali"); i rimanenti sono stati presi come controllo. Sono stati condotti censimenti bimestrali dal settembre 1998 che dureranno un anno.

Nonostante le variazioni temporali, l'abbondanza delle aragoste nei siti sperimentali di entrambe le categorie è drasticamente aumentata, mentre l'abbondanza nei siti di controllo è rimasta simile ai valori "pre-*casitas*". La distribuzione delle lunghezze degli animali è simile a quella "pre-*casitas*" e simile tra siti sperimentali e siti di controllo.

Perciò le *casitas* sembrano aumentare l'abbondanza delle aragoste in aree dove la scarsità di rifugi naturali provoca un effetto "collo di bottiglia" sulla popolazione.

A. FALACE, G. BRESSAN

Dipartimento di Biologia, Università degli studi di Trieste, Via L. Giorgieri, 10 - 34127 Trieste, Italy.
Tel: ++390406763867; E-mail: falace@univ.trieste.it

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF AN ANTIGRAZING NET PLACED ON AN ARTIFICIAL REEF AT LOANO (SAVONA, LIGURIAN SEA): ALGAL BIOMASS.

The evolution of macroalgae on an artificial structure can be modified by several kinds of intervention.

In order to evaluate how much the *grazing* of sea urchins affected the vegetal population and to find a way of limiting their effects, a plastic net with a $6,5 \times 4,5$ cm mesh was stretched over the horizontal surfaces of two of the four cubes of a Loano's artificial reef pyramid and held slightly above the surfaces. The algal colonization of the four horizontal surfaces has been studied with seasonal samplings (October 1996, April 1997, July 1997, October 1997, March 1998). The quantitative analysis has been made by scraping 3 areas of 20×20 cm (replicas) on each of the four horizontal surfaces. The study of algal biomass (fresh, dry and ash weight) has been carried out following a protocol previously pointed out.

At the beginning of the research both fresh and dry weights were comparable on the four horizontal surfaces while after the net was put in place a significant increase of vegetal biomass was observed only on the two surfaces with the net during all the sampling period. The population structure has been modified by the different edaphic conditions as a matter of fact the typical component of the artificial substrate was joined by a component characterised by a clear prevalence of epiphytic species which have colonized the floating net.

The increase of biomass on these surfaces seems to be related to the mechanical action of the net in reducing the predatory pressure of sea urchins.

VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DI UNA RETE ANTIGRAZING POSI- ZIONATA SULLA BARRIERA ARTIFICIALE DI LOANO (MAR LIGURE): STUDIO DELLA BIOMASSA ALGALE

Uno dei fattori più importanti che incidono significativamente sullo sviluppo e sull'evoluzione delle comunità algali, sia di substrato naturale che artificiale, è il *grazing* dei ricci. In particolare in Mediterraneo il comportamento alimentare di *Paracentrotus lividus* è la causa di distruzione di estesi popolamenti algali e, soprattutto, di quelli dominati da Phaeophyceae.

Il presente studio, che è parte di una più ampia ricerca, ha lo scopo di valutare l'efficienza di una rete antigrazing nel ridurre la pressione predatoria di *P. lividus* sulla componente vegetale.

A tal fine è stata posizionata una rete di plastica di maglia $6,5 \times 4,5$ cm su due delle quattro superfici orizzontali dei cubi di base di un modulo della barriera artificiale di Loano (Mar Ligure). L'analisi quali-quantitativa del macrophytobentos sulle quattro

superfici orizzontali (due con rete e due senza rete) è stata condotta con campionamenti stagionali mediante grattaggi di tre aree di 20×20 cm su ciascuna delle quattro superfici. Al termine della sperimentazione la rete è stata asportata e le alghe presenti sono state analizzate sia in termini qualitativi che quantitativi. Lo studio della biomassa algale è stato condotto seguendo un protocollo precedentemente messo a punto.

L'analisi quantitativa della comunità algale ha messo in evidenza che *Sargassum vulgare* e *Stypocaulon scoparium* mostrano i valori di biomassa più elevati. All'inizio della sperimentazione le biomasse sono risultate comparabili sulle quattro superfici mentre, dopo il posizionamento della rete, un incremento significativo dei valori di peso fresco e peso secco sono stati registrati sulle due superfici protette dalla rete.

Tale incremento sembra essere correlabile all'effetto meccanico prodotto dalla rete nel ridurre gli spostamenti trofici e quindi la pressione predatoria di *P. lividus*.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), 59 Suppl.:150-156

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 159-160

A. FALACE, G. BRESSAN

Dipartimento di Biologia, Università degli studi di Trieste, Via L. Giorgieri, 10 - 34127 Trieste, Italy.
Tel: +390406763867; E-mail: falace@univ.trieste.it

PHYTOBENTHIC COLONIZATION ON PANELS WITH DIFFERENT SLOPE IN THE GULF OF TRIESTE (NORTHERN ADRIATIC SEA).

In order to evaluate the effects and the efficacy of planes with different slopes on the macrophytobenthic colonization processes, five panels of $81 \times 38 \times 4$ cm dimensions have been used. Such panels have been placed with a 90° , 67° , 45° , 22° and 0° inclination in relation to the horizontal surface of the lower cube of the artificial reef immersed in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea).

The sampling areas on the panels have been defined by means of a reticulum. On each panel three areas of 20×20 cm have been sampled monthly throughout a year.

From a methodological point of view the dimensions of the qualitative minimum area have proved variable during the experimentation year, both among the different plates as well as in the inner panel itself. This entails the impossibility to consider such a qualitative minimum area as a surface of 20×20 cm (dimensions which are usually regarded as sufficient inside a population such as the one under investigation) if this is the entire sampling area (plates - panels). Furthermore after a year of experimentation, the population does not seem to have reached the climax conditions since some of the most representative species of the population of the reef hosting the inclined planes structure are missing on the panels. Particularly, the species of larger dimensions are lacking, in relation probably to the size and the substratum surface texture of the panels which can have reduced algal settlement.

From the biological point of view the different inclination of the panels do not seem to have influenced significantly the colonization of the vegetation and the structure of the population which seems rather conditioned by the physical parameters of the water such as temperature and light penetration. These observations are in accord with previous experiments which indicate in these two parameters the factor which mostly limits the dynamics of algal colonization in the Gulf of Trieste.

STUDIO DELLA CONIZZAZIONE ALGALE SU PANNELLI A DIVERSA INCLINAZIONE (GOLFO DI TRIESTE- NORD ADRIATICO)

Allo scopo di valutare l'incidenza di fattori edafici quali la diversa inclinazione sulla colonizzazione macrophytobentonica di substrati artificiali, 4 pannelli di $81 \times 38 \times 4$ cm sono stati posizionati con inclinazioni rispettivamente di 90° , 67° , 45° , 22° 0° su uno dei cubi di un modulo della barriera artificiale del Golfo di Trieste (Nord Adriatico). I pannelli sono stati immersi nel febbraio 1995 e campionati mensilmente da novembre 1996 a ottobre 1997.

Le aree di campionamento sui pannelli sono state definite mediante un reticolo removibile dopo aver escluso un'area di 10 cm intorno al bordo di ogni piastra al fine di annullare "l'effetto bordo". Su ogni pannello sono state campionate mensilmente tre aree di 20×20 cm. I dati di temperatura e trasparenza sono stati registrati mensilmente rispettivamente mediante sonda multiparametrica e disco Secchi.

Sull'intera "struttura modulare" sono state rinvenute 49 specie. La struttura del popolamento algale, indipendentemente dall'inclinazione, è apparsa omogenea e caratterizzata da individui di piccola taglia. L'andamento stagionale della variazione del numero di specie può essere correlato alla temperatura e alla trasparenza della colonna dell'acqua.

Dopo un anno di studio il popolamento algale non sembra aver raggiunto uno stato di maturità in quanto mancano molte delle specie più rappresentative e abbondanti presenti sulla barriera che ospita la struttura a piani inclinati, probabilmente come risultato delle dimensioni dei pannelli e della ridotta superficie disponibile per l'insediamento algale.

Le diverse inclinazioni non sembrano aver prodotto effetti significativi sulla colonizzazione e la struttura del popolamento sembra piuttosto condizionata da parametri chimico-fisici del mezzo quali temperatura e trasparenza dell'acqua. I risultati di questo lavoro indicano che la componente stagionale nel bacino considerato sono sufficientemente marcati da annullare o schermare gli effetti prodotti dalle diverse inclinazioni del substrato. Queste osservazioni sono in accordo con quanto rilevato nel Golfo di Trieste su altre strutture artificiali e in siti naturali.

A. FALACE, G. BRESSAN

Dipartimento di Biologia, Università degli studi di Trieste, Via L. Giorgieri, 10 - 34127 Trieste, Italy.
Tel: 390406763867, E-mail: falace@univ.trieste.it

QUANTITATIVE EVALUATION OF ALGAL COMMUNITY ON AN ARTIFICIAL REEF IN THE GULF OF TRIESTE (NORTHERN ADRIATIC SEA)

This paper deals with the quantitative evaluation of algal community of an artificial reef in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). The algal community of this artificial reef, being under study for several years, is characterised by being reduced only to the underlayer of turfed and filamentous small sized algae, being the large sized species of the upper strata extremely reduced on patches or lacking at all, so it was impossible to discriminate individuals and single species. For these reasons the methods, currently adopted to evaluate the biomass, were unsuitable. We measured the plant biomass changes over the time (standing stock) of the entire algal community without any taxonomic division to estimate the primary production.

The samples were drawn on the horizontal surface of the top cube monthly (from June 1996 to October 1997) by scraping off the algae from 3 replicas of 20×20 cm surface area. The biomass was estimated as fresh, dry, ash weight per unit area (according to a protocol previously presented).

Seasonal biomass maximal values were found in spring in accordance with the typical biomass trend in our basin. These maximal values are due to the appearance of different spring species, mainly belonging to the order of Ceramiales. The values of biomass on the artificial reef were extremely low in comparison to that obtained from natural sites in the same biogeographical area: this fact is related to the reduction or total lack of the upper layer species. Only in latter spring, *Chylocladia verticillata* (Lightfoot) Bliding, 1928 appeared in patches with a conspicuous biomass near the "border" of the top cube and in this case the biomass of this species could be considered separately.

The seasonal variation of biomass has been related to floristic diversity of community and the principal ecological parameters of the seawater (T, photoperiod, transparency).

VALUTAZIONE QUANTITATIVA DELLA COMUNITÀ ALGALE SU DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE NEL GOLFO DI TRIESTE (MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE)

Questo lavoro tratta la valutazione quantitativa della comunità algale su di una barriera artificiale nel Golfo di Trieste (Mare Adriatico settentrionale). La comunità algale di questa barriera artificiale, sotto studio da diversi anni, ha la caratteristica di essere ridotta unicamente al livello di alghe erbose e filamentose di piccole dimensioni, essendo le specie di grossa taglia degli strati superiori in chiazze molto ridotte o addirittura mancanti, in modo da rendere impossibile la divisione in individui e in singole specie. Per queste ragioni, i metodi correntemente adottati per la valutazione

della biomassa sono inutilizzabili. Abbiamo misurato i cambi di biomassa vegetale nel tempo (stock stabili) dell'intera comunità algale senza alcuna divisione tassonomica per valutare la produzione primaria.

I campioni sono stati presi mensilmente sulla superficie orizzontale dei cubi superiori (da giugno 1996 a ottobre 1997) grattando via le alghe da tre repliche di 20×20 cm di superficie. La biomassa è stata valutata come peso fresco, peso secco e ceneri per unità di area (secondo un protocollo precedentemente presentato).

I valori massimi stagionali di biomassa sono stati trovati in primavera, in accordo con il tipico andamento della biomassa nel nostro bacino. Questi valori massimi sono dovuti alla comparsa di diverse specie primaverili, principalmente appartenenti all'ordine delle Ceramiales. I valori di biomassa sulla barriera artificiale sono stati estremamente bassi in confronto a quelli ottenuti dai siti naturali nella stessa area biogeografica: questo fatto è in relazione alla riduzione o alla totale mancanza delle specie del livello superiore. Solo in tarda primavera, *Chylocardia verticillata* (Lightfoot) Bliding, 1928 appare in chiazze con una cospicua biomassa vicino al "limite" del cubo superiore e in questo caso la biomassa di queste specie può essere considerata separatamente.

La variazione stagionale della biomassa è stata messa in relazione con la diversità floristica della comunità ed i principali parametri ecologici dell'acqua (T, fotoperiodo, trasparenza).

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "*Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats*": 173-178

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 162-163

R.L. SHERMAN, D.S. GILLIAM, R.E. SPIELER

Nova Southeastern University Oceanographic Center, 8000 N. Ocean Drive - Dania Beach, Florida, 33004, USA.
Tel: 954-920-1909; E-mail: shermanr@ocean.nova.edu, gilliam@ocean.nova.edu, spielerr@ocean.nova.edu

ARTIFICIAL REEF DESIGN: VOID SPACE, COMPLEXITY AND ATTRACTANTS

This study was designed to examine the enhancement of juvenile fish recruitment to artificial reefs through the attachment of floating attractants or manipulation of reef design complexity. The experimental design consisted of a comparison of fish assemblages among three reef treatments (10 Reef Balls™ each) that had: 1) 10m floating line attached (Streamer reefs); 2) concrete block in the central void space (Block reefs); or 3) no floating line or concrete block (Control reefs). Reefs were deployed on sandy substrate at 20m depth off Fort Lauderdale, Florida, USA. Treatments were applied to the reefs by random selection within the array and did not change for the duration of the study. Divers, using SCUBA, recorded fish census data on slates monthly for 24 months, weather permitting. Species composition, numbers of fish per species, and estimated total length (by size class, i.e. <2, 2-5, 5-10, 10-20, and 20+cm) of all fishes within a meter of each reef were recorded. These size classes were also used to calculate fish biomass on the reefs.

There was a highly significant difference among treatments (Block, Streamer, Control) in: 1) the total number of fishes (all species combined), 2) number of species; and 3) biomass for most size classes ($p < 0,01$, ANOVA). In each case, Block reefs had higher numbers of fishes, species, and biomass than Streamer or Control reefs ($p < 0,05$, SNK). Streamer reefs did not differ from controls, for any size class, for either total fishes, species, or biomass ($p > 0,05$, SNK). These results support the importance of structural complexity in artificial reef design.

TIPOLOGIA DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE: SPAZI VUOTI, COMPLESSITA' E ATTRAZIONE

Questo studio è stato condotto per esaminare il miglioramento del reclutamento dei giovani di pesci nelle barriere artificiali mediante l'utilizzo di attrattori galleggianti o la manipolazione della complessità del disegno della barriera. Il disegno sperimentale consiste in un confronto delle associazioni di pesci fra tre diversi interventi sulla barriera (costituita da 10 Reef Balls™): 1) utilizzo di 10m di banda galleggiante (Barriera a festone); 2) inserimento di un blocco di calcestruzzo nello spazio vuoto centrale (Barriera a blocchi); o 3) né bande galleggianti né blocchi di calcestruzzo (Barriera di controllo).

Le barriere sono state immerse su un fondo sabbioso a 20m di profondità al largo di Fort Lauderdale, Florida, USA. Gli interventi sono stati fatti utili per sorteggio casuale tra le barriere a disposizione e non sono cambiati per tutta la durata dello studio. I subacquei, utilizzando lo SCUBA, hanno registrato su lavagnette i dati del censimento dei pesci mensilmente per 24 mesi, tempo permettendo. È stata registrata la composizione in specie e la lunghezza totale stimata (per classi di lunghezza, ad es. <2, 2-5, 5-10, 10-20 e 20+ cm) di tutti i pesci entro un metro dalle barriere. Queste classi di lunghezza sono state inoltre utilizzate per calcolare la biomassa dei pesci sulle barriere.

Si è verificata una differenza altamente significativa tra i trattamenti (Blocchi, Festoni, Controllo) per: 1) il numero totale di pesci (tutte le specie insieme), 2) il numero di specie, e 3) la biomassa per la maggior parte delle classi di lunghezza ($p < 0,01$, ANOVA). In ogni caso, le Barriere a blocchi hanno mostrato il maggior numero di pesci, specie e biomassa rispetto alle Barriere a festoni o alle Barriere di Controllo ($p < 0,05$, SNK). Le Barriere a festoni non mostrano differenze rispetto al controllo per tutte le classi di lunghezza, per il totale dei pesci, delle specie o della biomassa ($p > 0,05$ SNK).

Questi risultati dimostrano l'importanza della complessità strutturale nella tipologia delle barriere artificiali.

A. ABELSON, Y. SHLESINGER*

Institute for Nature Conservation Research, Tel Aviv University - Ramat Aviv 69978, Israel.

* Municipality of Eilat, P.O. Box 14 - Eilat 88100, Israel.

DEVELOPMENT OF CORAL-REEF COMMUNITY ON ARTIFICIAL REEFS IN EILAT, GULF OF AQABA, RED SEA: AGGREGATES OF LIMESTONE ROCKS

The decline of the coral reefs of Eilat due to increased impact of diving and other anthropogenic activities has initiated the construction of artificial reefs. Despite the potential advantages of these artificial reefs, relatively little research has been undertaken in Eilat to improve our understanding of the major factors governing the development of artificial-reef biota.

The present study is the first in a series of studies aimed at increasing our knowledge of the effects of reef structure morphology, substrate type and location on succession of reef organisms (invertebrates and fish). The long-term objective of this series of studies is to enable us to develop more accurate techniques of designing artificial reef community structure. In the present study, we examined two types of constructions made of aggregates of limestone rocks: randomly aggregated (RA) pile made of relatively small rocks, and orderly aggregated (OA) pile composed of relatively big rocks; both have been placed in 15 m depth.

Following the placement, recruited invertebrate and fish species have been censused monthly for 50 months. The results reveal tremendous differences in community structure and development between the piles. After 50 months, the recruitment of fish and invertebrates to the OA reef was significantly higher than to the RO reef (60 species, 794 individuals vs. 34 species, 217 individuals of fish, and 23 species, 274 individuals vs. 17 species, 214 individuals of invertebrates, respectively). Moreover, the maximal number of species in the OA reef was reached after two years, whereas in the RA reef maximum number of species was reached after four years.

In this paper, we discuss possible effects of rock size and arrangement on community development of each of the two reef constructions. In addition, we examine some feasible ways to control community structure of artificial reefs by designing structures which may alter their complexity, interstices and surface area.

SVILUPPO DELLE COMUNITA' DI BARRIERA CORALLINA SULLE BARRIERE ARTIFICIALI DI EILAT, GOLFO DI AQABA, MAR ROSSO: MUCCHI DI PIETRALE CALCAREO

Il declino delle barriere coralline di Eilat, dovuto all'aumento dell'impatto dell'attività subacquea e altre attività antropogeniche ha portato alla costruzione di barriere artificiali. Nonostante i potenziali vantaggi di queste barriere artificiali, relativamente poche ricerche sono state effettuate ad Eilat per migliorare la nostra comprensione dei principali fattori che governano lo sviluppo degli organismi viventi delle barriere artificiali.

Il presente studio è il primo di una serie di ricerche volte ad aumentare le nostre conoscenze sugli effetti della morfologia della struttura di barriera, del tipo di substrato e della localizzazione sulla successione degli organismi sulla barriera (invertebrati e pesci). L'obiettivo a lungo termine di questa serie di studi è quello di renderci capaci di sviluppare tecniche più accurate per la progettazione della struttura adatta alle comunità delle barriere artificiali. Nel presente studio abbiamo esaminato due tipi di costruzioni fatte da aggregati di rocce calcaree: pile di pietre relativamente piccole casualmente aggregate (RA), e pile composte da pietre relativamente grandi ordinatamente aggregate (OA); entrambe sono state immerse a 15 m di profondità.

Dopo l'immersione, le specie reclutate sia di pesci che di invertebrati sono state censite mensilmente per 50 mesi. I risultati hanno evidenziato notevoli differenze nella struttura e nello sviluppo delle comunità tra le due costruzioni. Dopo 50 mesi, il reclutamento dei pesci e degli invertebrati sulla OA è risultato significativamente più alto che sulla barriera RA (60 specie, 794 individui, contro 34 specie e 217 individui per i pesci, e 23 specie, 274 individui contro 17 specie e 214 individui per gli invertebrati).

Inoltre, il numero massimo di specie nella barriera OA è stato raggiunto dopo 2 anni, mentre sulla barriera RA il numero massimo di specie è stato raggiunto dopo 4 anni.

Nel lavoro abbiamo discusso i possibili effetti della dimensione delle pietre e la loro sistemazione sullo sviluppo della comunità di ognuna delle due costruzioni di barriera.

In aggiunta, abbiamo analizzato alcune possibili vie per controllare la struttura della comunità delle barriere artificiali progettando strutture che possano modificare la complessità, gli interstizi e la superficie dell'area delle barriere stesse.

A.W.Y. LEUNG, K.D.P. WILSON

Agriculture and Fisheries Department, Government of Hong Kong Special Administrative Region, China.
Tel: 852-2733-2437, E-mail: awyleung@hkstar.com

PRELIMINARY ASSESSMENT OF ARTIFICIAL REEF DEPLOYMENT IN MARINE PROTECTED AREAS IN HONG KONG

The Hong Kong SAR Government launched a US \$12 million, 5-year artificial reef programme in 1996. The programme's main objectives are to rehabilitate and enhance local marine resources that have been depleted because of overfishing and coastal development.

The first phase of the programme has focused on deployment of artificial reefs in existing marine parks and protected areas. Approximately 28,000 m³ of artificial reefs were deployed, away from rocky shorelines, in 20 complexes between 1998 and 1999.

The artificial reefs serve primarily as 'sleeping' policemen to effect a demersal trawl ban inside the marine parks and as fish sanctuaries for spawning adults, and as nurseries for juveniles. Although other fishing activities inside marine parks are still permissible under a licence system, fishing on the artificial reefs is prohibited through agreement with licensees. Materials used in the construction of the artificial reef include items of opportunity, such as derelict vessels and used tyres. Other non-opportunistic materials, such as quarry rocks and pre-cast concrete units, were also deployed. The cost-effectiveness of using different materials in the construction of artificial reefs are being studied and compared on the basis of ecological and socio-economic impacts. Monitoring of the deployed reefs includes underwater visual census, macrobenthic colonization studies, hydro-acoustic surveys, catch-per-unit-effort surveys, water quality monitoring and subsidence studies.

Preliminary results of monitoring are presented. Over 100 fish species have been recorded in and around the deployed artificial reefs. Fish diversity and abundance are much higher than nearby rocky shore habitats. This is likely to be related to the complexity of the AR structures. Initial assessment indicates that artificial reefs offer substitute rocky shore habitats to settling fries of a number of commercial species, such as groupers, sea-breams and snappers, and provide sanctuary for spawning adults.

The assessment of the first phase of deployment will be utilized in the planning of the second phase, which will comprise large-scale deployment of artificial reefs in a number of sites occupying some 10% of Hong Kong waters.

VALUTAZIONE PRELIMINARE SUL POSIZIONAMENTO DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE IN AREE PROTETTE MARINE DI HONG KONG

Il Governo della Regione ad Amministrazione Speciale di Hong Kong ha promosso nel 1996 un programma sulle barriere artificiali della durata di 5 anni e dal costo di 12 milioni di dollari. L'obiettivo principale del programma è quello di ricostituire e migliorare le risorse marine locali che sono state danneggiate dalla sovrappesca e dallo sviluppo costiero.

La prima fase del programma si è focalizzata sull'immersione delle barriere artificiali nei parchi marini esistenti e nelle aree protette. Approssimativamente 28.000 m³ di barriere artificiali sono stati immersi, lontano dalla linea di costa rocciosa, in 20 complessi tra il 1998 e il 1999. Le barriere artificiali agiscono principalmente da "poliziotti dormienti" per impedire la pesca a strascico all'interno dei parchi marini e delle zone protette per i pesci ai fini della riproduzione degli adulti o quali nursery per i giovani. Anche se altre attività di pesca all'interno dei parchi marini siano tuttora possibili con un sistema di licenze, pescare sulle barriere artificiali è proibito grazie ad un accordo con i concessionari. I materiali impiegati nella costruzione delle barriere artificiali comprendono oggetti di recupero, come relitti di natanti o copertoni usati.

Sono stati utilizzati altri materiali non di recupero, come rocce di cava e unità di calcestruzzo prefabbricate. Il rapporto costi-benefici nell'utilizzare materiali differenti nella costruzione di barriere artificiali è stato studiato e confrontato sulla base degli impatti ecologici e socio-economici. Il monitoraggio delle barriere immerse include il censimento visivo subacqueo, studi sulla colonizzazione macrobentonica, rilevamenti idroacustici, studi di cattura per unità di sforzo, monitoraggio della qualità dell'acqua e studi di subsidenza.

Sono qui presentati i risultati preliminari del monitoraggio. Oltre 100 specie di pesci sono state rilevate sopra e attorno alle barriere artificiali immerse. La diversità e l'abbondanza di pesci sono più elevate che negli habitat delle vicine coste rocciose.

Questo può essere messo in relazione con la complessità delle strutture delle barriere artificiali. Le prime valutazioni indicano che le barriere artificiali offrono habitat sostitutivi alle coste rocciose per l'insediamento di avannotti di un certo numero di specie commerciali, come cernie, pagelli e lutianidi e forniscono un rifugio per gli adulti in riproduzione.

La valutazione fatta nella prima fase dell'immersione sarà utilizzata nella programmazione della seconda fase, che comprenderà l'immersione di barriere artificiali su larga scala in un numero di siti che occuperà circa il 10% delle acque di Hong Kong.

R. KENNISH, K. WILSON*, J. LO, S. CLARKE, S. LAISTER

Environmental Resources Management, 6th Floor, Hecny Tower, Chatham Rd - Tsimshatsui, Hong Kong.
Tel: 852-2271-3120, E-mail: rk@ermhk.com

* Agriculture and Fisheries Department, 13th Floor, Canton Rd Government Offices, 393 Canton Rd - Kowloon, Hong Kong.

SELECTING SITES FOR LARGE SCALE DEPLOYMENT OF ARTIFICIAL REEFS IN HONG KONG: CONSTRAINT MAPPING AND PRIORITISATION TECHNIQUES

Over the last two decades Hong Kong's fisheries resources and remaining ecologically important marine habitat have come under increasing pressure from overfishing, coastal development and pollution. As a result the Government of the Hong Kong Special Administrative Region (HKSAR) has committed to a series of programmes designed to protect and enhance the marine environment. One of the programmes under development involves the enhancement of existing habitats and fisheries resources through the siting, construction and deployment of artificial reefs (ARs). This paper discusses the selection of suitable sites for AR deployment.

Hong Kong is one of Asia's leading financial centres with a population of over 6.5 million which relies heavily on its coastal waters for recreation, amenities, seafood production, waste disposal, shipping and navigation. A consequence of this reliance is that there is competition among potential users of Hong Kong waters which creates difficulties in finding suitable and uncontentious sites for AR deployment. The site selection process focused on identifying six optimum locations in Hong Kong by employing constraint mapping and prioritisation criteria.

Constraint mapping, involved the identification of areas of incompatibility between ARs and existing uses as well as areas for which sites are not yet available or for which pilot tests would be required before deployment. These areas, which included shipping lanes, existing and planned port facilities, existing and planned reclamations and marine disposal sites, sewage outfalls, underwater cables, tunnels and pipelines, and marine parks and reserves, were then excluded from further consideration. The constrained areas were mapped on a Geographical Information System (GIS) which indicated that approximately 60% of Hong Kong waters were not considered further for AR siting. The remaining 40% of Hong Kong waters was divided into a long-list of 17 potential sites.

The final step involved the application of broad environmental, socio-economic and cost-efficiency prioritisation criteria to the long-list so that a short-list of the six highest priority sites could be defined. The application of these prioritisation criteria was designed to select sites that would satisfy a range of pre-defined goals including enhancement of marine resources, rehabilitation of degraded habitats, protection of spawning, nursery and marine protected areas, and enhancement of habitat quality in open seabed areas. The combination of constraint mapping and prioritisation criteria ensured that sites acceptable to a wide range of user groups were selected.

SELEZIONE DI SITI PER IMMERSIONI SU LARGA SCALA DI BARRIERE ARTIFICIALI IN HONG KONG: MAPPATURA DELLE INTERFERENZE E TECNICHE PER LA PRIORITÀ

Negli ultimi due decenni le risorse di pesca di Hong Kong e i rimanenti habitat ecologicamente importanti sono stati sottoposti ad una crescente pressione da parte della sovrappesca, dello sviluppo costiero e dell'inquinamento. Di conseguenza, il Governo della Regione ad Amministrazione Speciale di Hong Kong (HKSAR) ha commissionato una serie di programmi volti a proteggere e migliorare l'ambiente marino. Uno dei programmi in sviluppo comprende il miglioramento degli habitat e delle risorse di pesca esistenti attraverso il posizionamento, la costruzione e l'immersione di barriere artificiali (ARs). Questo lavoro analizza la scelta dei siti adatti per l'immersione delle barriere artificiali.

Hong Kong è uno dei principali centri finanziari dell'Asia, con una popolazione di oltre 6,5 milioni di persone che gravano sulle sue acque costiere per il divertimento, per le attrattive, per la produzione di cibo, per lo smaltimento dei rifiuti, per la navigazione e per il commercio. Una conseguenza di questa presenza è la competizione tra i potenziali fruitori delle acque di Hong Kong, il che crea difficoltà nel cercare siti adatti e senza contenzioso per l'immersione delle barriere artificiali. Il processo di selezione dei siti si focalizza sull'identificazione di sei luoghi ottimali in Hong Kong utilizzando i criteri delle coazioni (interazione tra i differenti usi della stessa zona) e le tecniche per la scelta delle priorità.

La mappatura delle interferenze o coazioni implica l'identificazione delle aree di incompatibilità tra le barriere artificiali e gli usi esistenti così come le aree per le quali i siti non sono ancora disponibili o per i quali saranno richiesti test pilota prima dell'immersione. Queste aree, che includono corridoi di navigazione, impianti portuali esistenti o progettati, siti di riempimento esistenti o pianificati, scarichi fognari, cavi sottomarini, condutture o tunnel e parchi o riserve marine, sono state escluse da un ulteriore esame. Le aree di interazione sono state mappate con il Sistema di Informazione Geografica (GIS) dal quale si ricava che circa il 60% delle acque di Hong Kong non sono state ulteriormente considerate per il posizionamento di barriere artificiali. Il restante 40% delle acque di Hong Kong è stato diviso in una lunga lista di 17 siti potenziali.

Il passo finale comprende l'applicazione di una ampia gamma di criteri ambientali, socio-economici di priorità costo-efficienza alla lunga lista in modo tale da poter definire una breve lista di sei siti a priorità più elevata. L'applicazione di questi criteri per le priorità è stata utilizzata per selezionare quei siti che soddisfano una serie di obiettivi preselezionati inclusi il miglioramento delle risorse marine, il recupero di habitat degradati, la protezione delle aree di riproduzione, le nurseries e le aree marine protette e il miglioramento della qualità dell'habitat dei fondali di mare aperto. La combinazione della mappatura delle interazioni e dei criteri di priorità assicurano la selezione di quei siti accettabili per un largo spettro di utenti.

S. CLARKE, A. LEUNG WAI-YIN¹, Y.M. MAK¹, R. KENNISH, N. HAGGAN²

Environmental Resources Management, 6th Floor, Hecny Tower, Chatham Rd - Tsimshatsui, Hong Kong.
Tel: 852-2271-3139, E-mail: scc@ermhk.com

¹Agriculture and Fisheries Department, 13th Floor, Canton Rd Government Offices, 393 Canton Rd - Kowloon, Hong Kong. Tel: 852-2733-2437, E-mail: awyleung@hkstar.com

² University of British Columbia Fisheries Centre, 2204 Main Mall, Vancouver, BC Canada. V6T 1Z4.

CONSULTATION WITH LOCAL FISHERS ON THE HONG KONG ARTIFICIAL REEFS INITIATIVE

As part of a ongoing effort to rehabilitate Hong Kong's depleted fisheries stocks, the Hong Kong Government has undertaken to deploy artificial reefs (AR) firstly in established marine parks, and secondly in areas which consist of presently unmanaged, open seafloor habitat. This second phase of deployment was considered to potentially conflict with existing fishing activities and thus a two-stage consultation programme with the local fishing community was initiated. The first stage focused on explaining the benefits of ARs and opening the dialogue on preferred locations for AR deployment. Feedback derived from the consultation was used to formulate recommendations for deployment sites, AR materials and management plans, which were presented at the second stage forums for comment prior to finalisation. Initial contact with the fishing community was established through intensive, in-person canvassing of fishing ports and mariculture rafts and distribution of a colourful, and largely pictorial, leaflet. Following this, forums were held in Cantonese at nine locations and began with screening of a video, followed by a facilitated discussion of key issues.

At the forums objections to ARs were expressed by vocal and well-organised representatives of the trawl fishery, whose fishing grounds would be obstructed by AR deployment. In contrast, small-scale fishers, who fish from small sampans often using artisanal gear, were less forthcoming but highly supportive of the AR programme.

Strategies were adopted to capture input from both groups. Despite these differences in opinion, both groups shared the concern that fisheries resources are in decline and that deployment of ARs would be a positive step. However, fishers expressed different and often contradictory preferences for AR sites which complicated site selection.

There was a consensus supporting fisheries management and enforcement of regulations but the fishing communities were reluctant to participate in these matters directly and instead preferred Government to be responsible. A final outstanding issue involves compensatory payments for any infringement on fishers' right or ability to exploit fish stocks. Due to Hong Kong's fisheries *ex gratia* policy for the impacts of reclamation and sand dredging, such payments have come to be expected by many fishers for the deployment of ARs.

The AR consultation programme was the first of its kind in Hong Kong to liaise directly with fishers in their own communities on a fisheries enhancement initiative.

The programme not only provided useful insights into the dynamics, perceptions and desires of the local fishing population, it will serve as a useful basis upon which to build strategies for community involvement in AR management, a key feature of successful AR programmes.

CONSULTAZIONE DEI PESCATORI LOCALI SULL'INIZIATIVA BARRIERE ARTIFICIALI DI HONG KONG

Come parte dello sforzo in atto per ricostituire gli stock impoveriti dalla pesca di Hong Kong, il Governo di Hong Kong ha intrapreso la via dell'immersione di barriere artificiali (AR) inizialmente in parchi marini prestabiliti e successivamente in aree che sono attualmente in fondali di mare aperto non controllati. Questa seconda fase di immersione è stata considerata potenzialmente in conflitto con l'esistente attività di pesca e perciò è stato avviato un programma di riunioni in due fasi con la comunità locale di pescatori. La prima fase si è focalizzata sulla spiegazione dei benefici delle ARs ed ha aperto un dialogo riguardante le preferenze sulle località di immersione delle AR. I risultati ottenuti nelle riunioni sono stati utilizzati per fornire raccomandazioni sui siti di immersione, sui materiali per le barriere e sui piani di gestione che sono stati presentati nella seconda fase della discussione per essere commentati prima dell'esecuzione. Il contatto iniziale con la comunità dei pescatori è stato stabilito attraverso un intenso sondaggio persona per persona nei porti e nelle piattaforme per la maricoltura e con la distribuzione di volantini colorati e molto pittoreschi. A seguito di ciò sono state tenute conferenze in nove località nel distretto di Canton che cominciavano con la proiezione di un video seguita da una discussione guidata sugli argomenti chiave.

Alle conferenze sono state espresse obiezioni alle ARs da parte dei rappresentanti ben organizzati dei pescatori a strascico, i cui fondi di pesca sarebbero stati impraticabili per loro a causa dell'immersione delle AR. Al contrario, pescatori della piccola pesca, che pescano da piccoli sampang spesso usando reti artigianali, erano meno disponibili ma altamente favorevoli al programma delle AR. Sono state adottate varie strategie per ricavare idee da entrambi i gruppi. Nonostante le differenze di vedute, entrambi i gruppi sono consapevoli che le risorse da pesca sono in declino e che l'immersione di ARs potrebbe essere un passo positivo. Comunque i pescatori hanno espresso preferenze diverse e spesso in contraddizione per i siti delle AR che hanno complicato la selezione. C'è stato un consenso generale a sostegno della gestione della pesca e a norme più rigide, ma le comunità di pescatori erano riluttanti a partecipare a queste iniziative direttamente, anzi hanno preferito lasciare tutta la responsabilità al Governo. Infine un argomento rilevante riguarda risarcimenti per ogni violazione dei diritti dei pescatori o della capacità di sfruttare gli stock di pesci. In seguito alla politica *ex gratia* delle marinerie di Hong Kong per l'impatto dei riempimenti e del prelievo della sabbia, tali pagamenti sono stati pretesi da molti pescatori anche per l'immersione delle AR.

Il programma di conferenze sulle AR è stato il primo del suo genere in Hong Kong per collegare direttamente i pescatori nella loro stessa comunità per un'iniziativa di miglioramento della pesca. Il programma non solamente ha fornito un'utile rassegna delle dinamiche, percezioni e desideri dei pescatori locali, ma ha fornito anche un'utile base sulla quale costruire strategie per il coinvolgimento della comunità nella gestione delle AR, un punto chiave per il successo del programma delle AR.

M.D.J. SAYER, T.A. WILDING, A.M. BULLOCK¹, K. LARSON²

Centre for Coastal and Marine Sciences, Dunstaffnage Marine Laboratory, PO Box 3 - OBAN Argyll PA34 4AD, UK. Tel: +44 (0)1631 567836, E-mail: mdjs@ccms.ac.uk

¹ Marine Resource Initiative - PO Box 9602, OBAN, Argyll PA37 1SY, UK.

² Yeoman (Morvern) Ltd., Glensander Quarry Operations, Rhugh Garbh Depot - Barcaldine - OBAN, PA37 1SE, UK.

PLANNING, LICENSING AND STAKEHOLDER CONSULTATION IN AN ARTIFICIAL REEF DEVELOPMENT: THE LOCH LINNHE REEF, A CASE STUDY (PLANNING)

The Loch Linnhe Reef will be Europe's largest artificial reef and is licensed for deployment in 2000. The reef will be made using concrete blocks and will consist of 24 reef units each of ca. 2080 tonnes (total 50,000 tonnes) deployed on the east side of Lismore, in Loch Linnhe, on the west coast of Scotland, UK. Constructions of this scale are controversial and attract considerable media and public attention.

Stakeholder consultation is an important part of the licensing process as opinion and feedback from various feedback groups has a significant influence on the outcome of licence applications. Using the Loch Linnhe proposal as an example, details will be given of the process of consultation and planning that has been undertaken. In addition, a full account will be given of the licensing issues relevant to the development on a major artificial reef in Scotland. During this process it has been found that the early implementation of a project plan that includes a comprehensive management policy is essential. The establishment of a project monitoring committee has maintained open dialogue with user groups and local people, and has engendered a feeling of openness and trust. Its creation has also impressed local government and licensing agencies, facilitated informed debate, greatly enhanced public understanding of complex issues related to artificial reefs and is beneficial in gaining the permission to deploy.

PIANIFICAZIONE, CONCESSIONE DI LICENZE E CONSULTAZIONE DELLE PERSONE INTERESSATE AD UNA INIZIATIVA DI BARRIERA ARTIFICIALE: LA BARRIERA DI LOCH LINNHE, STUDIO DI UN CASO (PIANIFICAZIONE)

La barriera di Loch Linnhe sarà la barriera artificiale più grande d'Europa e le autorizzazioni per l'immersione sono concesse per il 2000. La barriera sarà fatta utilizzando blocchi di calcestruzzo e consisterà di 24 unità ognuna di circa 2.080 tonnellate (in totale 50.000 tonnellate), immersa nella parte est di Lismore, a Loch Linnhe, sulla costa occidentale della Scozia, UK. Una costruzione su questa scala è fonte di controversie e suscita una considerevole attenzione dei media e del pubblico.

La consultazione delle persone interessate al progetto è una parte importante del processo per la concessione delle licenze in quanto l'opinione e la reazione da parte di vari gruppi di interesse ha una significativa importanza sull'esito della domanda per la licenza. Utilizzando la proposta di Loch Linnhe come esempio, saranno forniti dettagli sul processo intrapreso per la consultazione e la pianificazione. Inoltre, sarà fornito un

completo resoconto dei problemi di autorizzazione riguardanti la costruzione di una grande barriera artificiale in Scozia. Durante questo procedimento è stato evidenziato che è essenziale disporre fin dall'inizio di un progetto che includa una esauriente politica di gestione. L'istituzione di un comitato di monitoraggio del progetto ha mantenuto un dialogo aperto con i gruppi di utenti e la popolazione locale, e ha generato un clima di apertura e fiducia. La sua creazione ha inoltre impressionato favorevolmente il governo locale e le agenzie per la concessione di licenze, ha facilitato un dibattito consapevole ed ha enormemente migliorato la comprensione pubblica sui complessi problemi relativi alle barriere artificiali ed ha avuto un effetto benefico nel rilascio dei permessi per l'immersione.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), 59 Suppl.: 178-185

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 173-174

C. PAPAConstantinou, G. BOMBACE*

National Centre for Marine Research, Agios Kosmas, 166 04 Hellinikon - Athens, Greece.

Tel: ++301 982 1354, E-mail: pap@posidon.ncmr.gr

* National Institute for Marine Sciences Coordination, Italian Research Council - Ancona, Italy.

INTEGRATED PLAN FOR THE CONSTRUCTION OF AN ARTIFICIAL REEF IN THE THRACIAN SEA, GREECE

The present proposal is based on an integrated plan for the installation of an artificial reef (AR) along the Thracian coastline, in the Thracian Sea (North Greece), adjacent to the Vistonis gulf and the Maroneia peninsula, at a depth of 20-30 m. The area is characterized by rich sediments originating from local rivers and torrents. The outflow of these rivers and torrents has caused the formation of coastal lakes and lagoons along the coastline. The sea bottom in the AR area is smooth and level and the shelf is wide.

Before the installation of the AR system, a full scale fisheries and oceanographical survey will be carried out in order to describe the state of the area as well as specify the exact position for the installation of the AR. Taking into consideration that the geomorphology of the area is similar to that of the Adriatic Sea, it was decided that the proposed AR should be a multiple function type designed by the Institute of Fishery Studies in Ancona (Italy). The proposed project aims to the definition of a protected marine area appropriate for the revival of marine species populations, mussel culture and the protection of the natural sea bottom ecosystem from illegal fishery.

The proposed solution concerns the delimitation of a marine area with dimensions 1.500×1.000 m ($1.500.000$ m²) from which, 20.000 m² (2×10.000 m²) will be used for the installation of a number of artificial structures consisting of pyramids and mussel culture cages. Each structure will be composed of 16 pyramids and 4 mussel culture cages. Each pyramid will be built with 5 cement cubes (dimensions $2 \times 2 \times 2$ m). Four cubes will form the base of the pyramid while the fifth will be positioned on top of the rest. The top cubes will have metallic supports for the installation of mussel culture cages or buoys that will function as FAD's. The pyramids will be installed on special structures constructed of bedrock and covered by metallic nets for support.

In the rest of the marine protected area, a number of large rocks and cement blocks will be installed.

These obstructions will protect the AR pyramids from trawling in the area and will improve the colonization potential of the substrate by the local marine populations.

PIANO INTEGRATO PER LA COSTRUZIONE DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE MEL MARE DI TRACIA, GRECIA

La presente proposta è basata su di un piano integrato per l'installazione di una barriera artificiale (AR) lungo la costa della Tracia, nel Mare di Tracia (Grecia del Nord), adiacente al Golfo di Vistonis e alla penisola di Maroneia, ad una profondità di 20-30 m. Quest'area è caratterizzata da ricchi sedimenti provenienti dai torrenti e dai fiumi locali. L'apporto di questi fiumi e torrenti ha consentito la formazione di laghi costieri e lagune lungo la costa. Il fondale marino nell'area della AR è liscio e piano, e la piattaforma è larga. Prima dell'installazione del sistema della AR, saranno intrapresi studi sulla pesca e ricerche oceanografiche al fine di descrivere la condizione dell'area e di specificare l'esatta posizione per l'installazione della AR. Tenendo in considerazione il fatto che la geomorfologia dell'area è simile a quella del Mare Adriatico, è stato deciso che la AR proposta avrebbe dovuto essere del tipo multi-funzionale progettato dall'Istituto di Studio della Pesca di Ancona (IRPEM-CNR-Italia). Il progetto presentato ha come obiettivo la definizione di un'area marina protetta idonea per la ricostituzione delle specie marine, per l'allevamento dei mitili e per la protezione dell'ecosistema naturale dei fondali marini dalla pesca illegale.

La soluzione proposta riguarda la delimitazione di un'area di dimensioni 1500×1000 m ($1.500.000 \text{ m}^2$) dei quali 20.000 m^2 ($2 \times 10.000 \text{ m}^2$) verranno utilizzati per l'installazione di un certo numero di strutture artificiali fatte di piramidi e di gabbie per la mitilicoltura. Ogni struttura sarà composta da 16 piramidi e da 4 gabbie per la mitilicoltura.

Ogni piramide sarà costruita con 5 cubi di cemento (di dimensioni $2 \times 2 \times 2$ m). Quattro cubi formeranno la base della piramide mentre il quinto sarà posizionato sopra gli altri.

Il cubo alla sommità avrà dei supporti metallici per l'installazione delle gabbie per la mitilicoltura o dei galleggianti che avranno la funzione di FADs. Le piramidi verranno installate su strutture speciali costituite da rocce e ricoperte da reti metalliche di supporto. Nella parte restante dell'area marina protetta verranno installati un gran numero di grossi massi e blocchi di cemento. Questi ostacoli proteggeranno le piramidi della AR dalla pesca a strascico nella zona e miglioreranno il potenziale di colonizzazione del substrato da parte delle popolazioni marine locali.

T. MAHER

Florida Department of Environmental Protection, Division of Marine Resources 3900 Commonwealth Boulevard
Tallahassee, Florida 32399-3000 USA.

Tel: 850/ 922 4340, E-mail: maher_t@epic6.dep.state.fl.us

FLORIDA'S ARTIFICIAL REEF PROGRAM: A UNIQUE PARTNERSHIP BETWEEN FEDERAL, STATE AND LOCAL GOVERNMENTS

The objective of the paper is to describe the unique arrangement which the state of Florida has developed to encourage and support responsible artificial reef construction, monitoring, and research. Florida has been renowned for many years as having one of the largest artificial reef construction programs in the United States, yet Florida is the only state where all artificial reef activities from permitting, siting, and development are not under the direct control of a state agency or department. An overview of how and why artificial reefs are constructed in Florida will be presented.

Artificial reefs in Florida traditionally have been constructed by numerous entities such as charter boat captains and recreational sportfishing clubs; and, more recently, by commercial reef builders and local coastal governments. This diversity of organizations, all of which have their own varying objectives for creating artificial reefs, has resulted in a substantial number of individual artificial reef deployments annually for the last twenty years. The tremendous interest in artificial reef development has led to a proliferation of actively permitted sites, allowing great flexibility in the siting of individual deployments.

Florida has a very diverse variety of materials which have been used for artificial reef construction, including surplus military equipment, secondary-use concrete materials, boats, barges and other vessels of all types and sizes, aircraft, natural limestone boulders, and the increasingly popular prefabricated artificial reef modules.

Due to Florida's extensive coastline on both the Atlantic Ocean and the Gulf of Mexico, as well as the largest latitudinal span of any state on the eastern coast of North America, artificial reefs are located in both offshore and inshore waters stretching from temperate to sub-tropical zones. Artificial reefs have also been constructed within the boundaries of the country's only living coral reef system in an effort to reduce user pressure on natural reef systems.

Another unique aspect of Florida's artificial reefs are the substantial reef configurations which have been constructed specifically for scientific research purposes. These reefs have enhanced knowledge on target species biology, recruitment patterns, and the effects of fishing. Monitoring of reef fish assemblages has also been accomplished in recent years through the efforts of volunteer reef research teams at many locations statewide. All of these efforts assist the worldwide artificial reef community to better understand the complex interactions which occur when manmade habitat is placed in marine or estuarine waters.

*PROGRAMMA BARRIERE ARTIFICIALI IN FLORIDA: UNA
COLLABORAZIONE UNICA TRA GOVERNO FEDERALE,
STATALE E LOCALE*

L'obiettivo del lavoro è quello di descrivere la particolare modalità che lo Stato della Florida ha sviluppato per incoraggiare e sostenere la costruzione responsabile di barriere artificiali, il monitoraggio e la ricerca. La Florida è stata riconosciuta per parecchi anni come la detentrica del più grande programma di costruzione di barriere artificiali degli Stati Uniti, e ancora la Florida è l'unico stato in cui tutte le attività, dalle autorizzazioni, la localizzazione e lo sviluppo, non sono sotto il diretto controllo di un'agenzia statale o dipartimento. Sarà qui presentata una panoramica su come e perché le barriere artificiali sono costruite in Florida.

In Florida le barriere artificiali sono state costruite tradizionalmente da numerosi enti quali capitani di imbarcazioni o circoli ricreativi di pesca sportiva; più recentemente da costruttori industriali di barriere e governi costieri locali. Questa differenza di organizzazioni, ognuna delle quali ha il proprio diverso motivo per creare barriere artificiali, ha avuto come conseguenza un numero consistente di immersioni annuali di singole barriere per gli ultimi 20 anni. L'enorme interesse per lo sviluppo di barriere artificiali ha portato ad una proliferazione di siti attivamente autorizzati, che ha consentito una grande flessibilità nel posizionamento di ogni singola immersione.

La Florida ha una enorme varietà di materiali utilizzati per la costruzione di barriere artificiali, comprese le dismissioni di attrezzature militari, manufatti di calcestruzzo di seconda mano, imbarcazioni, chiatte e altri natanti di ogni modello e misura aerei, massi naturali di calcare e i sempre più comuni moduli prefabbricati per barriere artificiali.

Grazie alla linea di costa della Florida che si estende sia sull'Oceano Atlantico sia sul Golfo del Messico, e alla maggiore estensione latitudinale rispetto ad ogni altro stato della costa orientale del Nord America, le barriere artificiali sono situate sia sotto costa sia al largo, in acque da temperate a subtropicali. Le barriere artificiali sono inoltre state costruite entro i limiti dell'unica barriera corallina vivente del paese per cercare di ridurre la pressione di utenza sui sistemi delle barriere naturali.

Un altro aspetto unico delle barriere artificiali della Florida è l'importante conformazione che è stata fatta apposta per fini di ricerca scientifica. Queste barriere hanno incrementato la conoscenza sulla biologia delle specie bersaglio, sulle modalità di reclutamento e sugli effetti della pesca. I monitoraggi sulle associazioni di specie della barriera sono stati compiuti negli ultimi anni tramite l'impegno di un gruppo di ricerca di volontari in molti punti dello stato. Tutti questi sforzi aiutano gli studiosi delle barriere artificiali in tutto il mondo a comprendere meglio le complesse interazioni che intervengono quando habitat costruiti dall'uomo vengono posti in acque marine o di estuario.

M.L. DE ALESSI

Center for Private Conservation, 147A Henry Street - San Francisco, CA 94114 USA.
Tel: 415-487-9223, E-mail: dealessi@cei.org

THE IMPORTANCE OF SECURE TENURE FOR PRIVATE ARTIFICIAL REEF CREATION AND STEWARDSHIP

This paper will examine the institutional arrangements that govern artificial reefs and how marine tenure affects stewardship incentives, particularly for private reef creators. Artificial reefs built by private groups and individuals in Alabama and Florida, for example, show both the promise and perils of private reef building.

The Gulf of Mexico is host to an astounding number of artificial reefs, many of which are decommissioned oil and gas structures off of Louisiana and Texas. But in Alabama and Florida, private groups and individuals may create reefs in certain designated areas with certain permitted materials. These reefs become public once they hit the water, but the vague sense of ownership that accompanies knowing exactly where they are located has resulted in a great deal of artificial reef creation, demonstrating the vast potential of private reef building initiatives.

These private efforts, however, have not been without their problems. Because the sense of reef "ownership" is fleeting (secrets are hard to keep), little interest has been shown in any long-term stewardship. In other words, a lot of quickly deteriorating junk has wound up in the water. Comparisons to the efforts of Japanese fishing cooperatives and oyster growers in Washington state show that stronger ownership institutions may solve the stewardship problem. For example, Japanese cooperatives with secure rights to subtidal areas have developed durable, highly specialized reefs for attracting or propagating certain species, and clear title to oyster beds in Washington state has not only led to habitat enhancement, but to a long term interest in the health of Washington's waters. In fact, the Washington oyster growers are the staunchest defenders of water quality in that state.

L'IMPORTANZA DI GARANTIRE IL DIRITTO DI POSSESSO PER LA GESTIONE E LA CREAZIONE DI BARRIERE ARTIFICIALI PRIVATE

Questo lavoro esamina le norme istituzionali che governano le barriere artificiali e come il diritto di possesso marino influenza gli incentivi gestionali, in particolare per i costruttori privati di barriere. Le barriere artificiali costruite da gruppi e singoli privati in Alabama e Florida, per esempio, evidenziano sia le aspettative sia i rischi della costruzione di barriere da parte di privati.

Il Golfo del Messico ospita un numero stupefacente di barriere artificiali, molte delle quali sono piattaforme per l'estrazione di gas e petrolio dismesse al largo della Louisiana e del Texas. In Alabama e in Florida, invece, gruppi e singoli privati possono creare barriere in ben determinate aree con materiali consentiti. Queste barriere diventano pubbliche non appena poste in acqua, ma il vago senso di proprietà che accompagna il fatto di conoscere esattamente la loro posizione si traduce in una grande operazione commerciale di creazione di barriere artificiali, dimostrando il vasto potenziale delle iniziative private nella costruzione di barriere.

Questi sforzi privati, comunque, non sono stati esenti da problemi. Poiché il senso di “proprietà” della barriera svanisce (i segreti sono difficili da serbare), è stato mostrato poco interesse in ogni tipo di gestione a lungo termine. In altre parole, molti rottami velocemente deteriorabili sono finiti in acqua. I confronti con gli sforzi delle cooperative di pesca giapponesi e con gli allevatori di ostriche nello stato di Washington mostrano che istituzioni che consentono un maggiore diritto di possesso possono risolvere i problemi di gestione. Per esempio, le cooperative giapponesi con sicuri diritti sulla salvaguardia delle aree subtidali hanno sviluppato barriere durevoli e altamente specializzate per attrarre o propagare determinate specie, e l'incontestabile diritto degli allevamenti di ostriche dello stato di Washington non è solo dovuto al miglioramento dell'habitat, ma anche a un interesse a lungo termine per la salute delle acque di Washington. Infatti, gli allevatori di ostriche di Washington sono i più strenui difensori della qualità dell'acqua in quello stato.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume *"Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats"*: 221 - 223.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 178-179

R. CHRISTIAN

Atlantic States Marine Fisheries Commission, 1444 Eye Street, N.W. Sixth Floor - Washington, DC 20005, USA.

INTERSTATE EVALUATION OF A NATIONAL PLANNING GUIDE FOR MANMADE FISHING REEFS

Programs for conservation and management of marine fisheries in state and federal jurisdictional waters of the US incorporate many methods to attain program goals. One method is to construct manmade habitat to enhance access to fisheries as well as production and diversity in associated fisheries.

In 1984, the Congress of the United States required the Secretary of Commerce to establish national guidelines for building, placing and monitoring construction of fish habitat in the navigable waters of the US for such purposes. Based on five national standards directed at enhancing commercial and recreational fisheries, the Secretarial plan provides a template for artificial reef developers to address local and regional needs in their fisheries with oversight and assistance from responsible federal agencies.

Under the guidance of this plan, coastal states have assumed the responsibility to implement public programs for open access fisheries. Since 1985, the coastal states have acted through their respective interstate marine fisheries commissions (Pacific, Gulf of Mexico and Atlantic) to exchange information and coordinate policy development relative to marine artificial reef programs. The Gulf and Atlantic commissions established committees to assist member states in coordination of such activities.

Following a request by committee members in 1995, the Gulf and Atlantic States Marine Fisheries Commissions working with the National Marine Fisheries Service established a protocol to assist the states in a joint effort to revise and update the guidelines provided in the Secretary's plan of 1985.

The process undertaken has assisted state and federal agencies to consolidate a national planning effort to reevaluate the direction and responsibilities for artificial reef development in the US. This paper presents the mechanism for this process, with a description of state recommendations for manmade fish habitat within the various jurisdictions of state and federal waters.

VALUTAZIONE INTERSTATALE DI UNA GUIDA PER LA PIANIFICAZIONE NAZIONALE DELLE BARRIERE ARTIFICIALI PER LA PESCA

I programmi per la conservazione e la gestione della pesca marina, nelle acque a giurisdizione statale e federale degli Stati Uniti, contengono molti metodi per raggiungere gli obiettivi del programma. Uno dei metodi è quello di costruire habitat artificiali per aumentare l'accesso alla pesca, così come aumentare la produzione e la diversità nei diversi tipi di pesca associati.

A questi fini, nel 1984, il Congresso degli Stati Uniti chiese al Segretariato del Commercio di stabilire alcune linee guida nazionali per la costruzione, il posizionamento e il monitoraggio di habitat per pesci nelle acque navigabili americane. Basato su cinque standard nazionali diretti ad incrementare la pesca sportiva e quella commerciale, il piano del Segretariato ha fornito uno schema per i creatori delle barriere artificiali, per rispondere ai bisogni delle industrie di pesca locali e regionali con la supervisione e l'assistenza di agenzie federali preposte.

Sotto la guida di questo piano, gli stati costieri hanno assunto la responsabilità di realizzare programmi pubblici per una pesca aperta a tutti. A partire dal 1985, gli stati costieri hanno operato tramite le loro rispettive commissioni interstatali della pesca (Pacifico, Golfo del Messico, Atlantico) per scambiare informazioni e per sviluppare una politica coordinata nei programmi riguardanti le barriere artificiali marine. Le Commissioni del Golfo e dell'Atlantico hanno istituito comitati per assistere gli stati membri nella coordinazione di queste attività.

Aderendo ad una richiesta dei membri del comitato nel 1995, le Commissioni della Pesca del Golfo e degli Stati Atlantici, di intesa con il Servizio Nazionale della Pesca Marina, hanno stabilito un protocollo per assistere gli stati in uno sforzo comune per rivedere e aggiornare le linee guida fornite nel piano del Segretariato del 1985.

Il processo intrapreso ha consentito alle agenzie statali e federali di consolidare lo sforzo di pianificazione nazionale al fine di rivalutare le indicazioni e le responsabilità per lo sviluppo delle barriere artificiali negli Stati Uniti. Il presente lavoro illustra l'iter seguito per questo processo, con una descrizione delle raccomandazioni statali per gli habitat artificiali nell'ambito delle diverse giurisdizioni statali e federali delle acque.

R.B. DITTON, H.R. OSBURN*

Department of Wildlife and Fisheries Sciences, Texas A&M University - College Station, TX 77840-2258, USA.
Tel: 409/ 845-9841, E-mail: rditton@unix.tamu.edu

* Coastal Fisheries, Texas Parks and Wildlife Department - 4200 Smith School Road, Austin, TX 78744, USA.

DEMOGRAPHICS, ATTITUDES AND REEF MANAGEMENT PREFERENCES OF SCUBA DIVERS IN OFFSHORE TEXAS WATERS

Since the adoption of the Texas Artificial Reef Development Plan in 1989, the Texas Parks and Wildlife Department has created artificial reefs to enhance sport diving opportunities, participation levels, and related business activity. Instead of simply taking a philosophy of "If we build it, they will come!", program administrators see the need for better understanding the sport diver constituency and their particular interests and needs. Thus, siting reefs is seen as dependent on area-specific human population and tourism densities and the expressed demand for scuba-diving related resources along the Texas coast. Decision makers are seeking to integrate anthropocentric concerns with traditional concerns for biological improvements.

In 1997, the TPWD collaborated with Texas A&M University to survey sport divers with a mail questionnaire. Because of difficulties involved in establishing the universe of saltwater divers for sampling purposes, the study focused on a sample of sport divers who used charter and party boats to access offshore waters in the previous 12 months (n=1,057). A response rate of 56,2% was achieved. On average, respondent sport divers had been certified for 8 years, went diving for 20 days in the previous 12 months, and would need about \$2.000 to replace their individual diving equipment.

Most reported scuba diving was their most important outdoor activity and one typically done with friends rather than family. Overall, they spent less than half of their annual saltwater diving days (14) in Texas but most (81%) reported they were very or extremely satisfied with their last saltwater dive trip there. Most divers preferred to dive at depths ranging between 60 and 89 feet and preferred large naval vessels and rig jackets and other oil production structures as their materials-of-choice for future reef construction.

Results will be viewed in terms of evaluating artificial reefs currently available and for their implications for future reef development in Texas. In addition, the methodological difficulties of completing reef-user studies such as this will be discussed.

DEMOGRAFICA, ATTEGGIAMENTI E PREFERENZE DI GESTIONE DELLE BARRIERE DEI SUBACQUEI DELLE ACQUE DEL LARGO DEL TEXAS

A partire dall'adozione del Piano di Sviluppo delle Barriere Artificiali del Texas, nel 1989, il Dipartimento del Texas per i Parchi e la Natura (TPWD) ha creato delle barriere artificiali per migliorare le opportunità degli sport subacquei, il livello di partecipazione e la relativa attività per gli affari. Invece di intraprendere semplicemente una filosofia del "se la costruiamo, verranno", gli amministratori del programma hanno sentito la necessità di comprendere meglio i praticanti di sport subacquei e i loro par-

ticolari interessi e bisogni. Perciò, il posizionamento delle barriere è visto come dipendente dalla popolazione specifica della zona, dalla densità del turismo e dall'espressa richiesta di risorse relative all'attività subacquea lungo le coste del Texas. Chi prende le decisioni sta cercando di integrare i fattori antropocentrici con i tradizionali fattori per il miglioramento della situazione biologica.

Nel 1997, il TPWD ha collaborato con l'Università A&M del Texas per compiere uno studio sui subacquei tramite un questionario inviato per posta. A causa delle difficoltà nel comprendere tutto l'universo dei subacquei marini ai fini dell'indagine, lo studio si è focalizzato su un campione di subacquei che ha utilizzato barche da diporto o a noleggio per raggiungere il largo nei precedenti 12 mesi ($n=1.057$). E' stata raggiunta una percentuale di risposte del 56,2%. In media, i subacquei che hanno risposto hanno il brevetto da circa 8 anni, si sono immersi per 20 giorni nei precedenti 12 mesi e necessitano di circa 2.000 dollari per sostituire il proprio equipaggiamento subacqueo.

Per la maggior parte degli intervistati l'attività subacquea è il passatempo preferito e quello fatto preferibilmente con gli amici piuttosto che con la famiglia. In generale, i sub trascorrono meno della metà dei loro giorni di immersione all'anno (14) in Texas ma la maggior parte (81%) ha riferito di essere molto o estremamente soddisfatto dalla loro ultima esperienza di immersione nella zona. La maggior parte dei subacquei preferisce immergersi a profondità comprese tra 60 e 89 piedi e preferirebbero che venissero utilizzati materiali quali grandi relitti di barche e piattaforme o altre strutture per la produzione di petrolio per la costruzione di una futura barriera.

I risultati saranno esaminati in termini di valutazione delle barriere artificiali attualmente disponibili e per il loro utilizzo per un futuro sviluppo delle barriere in Texas.

Inoltre saranno discusse le difficoltà metodologiche incontrate per completare uno studio, come questo, sugli utenti delle barriere.

A. LÖK, C. METİN, A. TOKAÇ, A. ULAŞ, O. DÜZBASTILAR

Aegean University, Faculty of Fisheries - Bornova 35100 Izmir, Turkey.
Tel: +90 232 7521162, E-mail: lok@sufak.ege.edu.tr

ARTIFICIAL REEFS IN TURKEY

The first artificial reef project in Turkey was carried out by deploying ten old trolley bus bodies in Izmir Bay in 1989. There is no detail knowledge about small scale reef applications which were done earlier than this date. Nowadays, there are six different artificial reef projects which are carrying out in Turkey. From these projects, two projects are of scientific importance and the other remain projects are supported by local government and fisheries cooperatives. Modules which were constructed from reinforced concrete in five different designs have been used for all these projects except the first project in 1989. The total volumes and the deploying depths of reef blocks used in these projects ranging from 30 to 340 cubic meter and from 8 to 22m, respectively. Turkish Government has organized a meeting that the experts and foundations involving artificial reef were participated and a "Guide of Project for Artificial Reef Applications" has been prepared in the resulting of this meeting. From this date on, to carry out artificial reef project in the Turkish Coast must be provided all the conditions in this guide.

This study presents the aims and results of artificial reef projects, reef design used in Turkey and legal regulations.

BARRIERE ARTIFICIALI IN TURCHIA

Il primo progetto di barriere artificiali in Turchia è stato realizzato immergendo dieci vecchie carcasse di autobus nella Baia di Izmir nel 1989. Non ci sono conoscenze in dettaglio riguardo a costruzioni di barriere su piccola scala che siano state fatte prima di questa data. Attualmente esistono sei diversi progetti di barriere artificiali che si stanno sviluppando in Turchia. Di questi progetti, due sono di importanza scientifica e quelli rimanenti sono supportati dal governo locale e dalle cooperative di pesca.

Moduli costruiti in cemento armato di cinque tipi differenti, sono stati utilizzati per tutti questi progetti eccetto il primo del 1989. I volumi totali e le profondità di immersione dei blocchi di barriera utilizzati in questi progetti vanno da 30 a 340 metri cubi e da 8 a 22m di profondità rispettivamente. Il Governo turco ha organizzato un incontro a cui parteciparono gli esperti e le istituzioni interessati nelle barriere artificiali e nel quale è stata preparata una "Guida dei Progetti per le Applicazioni delle Barriere Artificiali". A partire da questa data, per portare avanti un progetto sulle barriere artificiali nelle coste della Turchia devono essere soddisfatte tutte le condizioni presenti in questa guida.

Questo studio presenta gli scopi ed i risultati dei progetti sulle barriere artificiali, la tipologia di barriera utilizzata in Turchia e le regolamentazioni legali.

K. TSUMURA, H. KAKIMOTO¹, M. NODA²

Hokkaido Tokai Univ., 1-1-1 5-jo Minamisawa, Minami-ku, Sapporo-city, 005-8601 Japan.

Tel: 011-571-5111, Fax: 011-571-7879

¹ Coastal Fisheries Association, 4-5 Yosshimi-Ryuoumachi - Shimonoseki-city, 759-6522 Japan.

² National Fisheries Univ., 2-7-1 Nagata-Honmachi - Shimonoseki-city, 759-6533 Japan.

THE HISTORY AND FUTURE OF ARTIFICIAL REEFS AND RELATED AQUATIC HABITATS IN JAPAN

Traditional fishing equipment such as brush shelters and stone mounds have been used for a long time in Japan to gather fish and raise the level of fishing efficiency.

There is also the example of octopus pots and cuttlefish cages. These can serve two functions at the same time by creating a gathering place for squid and octopus as well as being an effective way to make a catch. Such devices were created out of the experiences of fishermen who taught them how to take advantage of the natural characteristics of marine animals. Some of these devices are still in use with small improvements, or no changes whatsoever. Such fishing devices can be considered to be the origin of artificial reefs.

The oldest references to the creation of fishing grounds in Japan mention the works of Nonaka Kenzan. In 1652 he placed stones along the shore to create a fishing ground.

This means that there is at least a 350 years history of creating fishing grounds in Japan. Going into the 1970's the establishment of territorial waters made it necessary for nations to manage and maintain the resources along the shores of their own national boundaries, thus giving rise to further national support for such efforts. As the business of making artificial fishing grounds increased the use of factory made, prefabricated reefs became common.

Around 1716 fishermen in Aomori were taught how to throw stones into the ocean for the purpose of raising tangle weed. In 1913 such enterprises became subject to government support and such efforts came to be carried out on a national basis. After that animals targeted for cultivation came to include sea urchins, abalone, sea cucumber, and other such shore resource animals. Efforts to cultivate common octopus, red sea bream, bastard halibut, snow crab, northern shrimp, and other marine life forms that move in large areas and swim freely came to be expanded.

To enhance the techniques for creating fish grounds and nurseries it is important to gain a good understanding of the target animal's life style, especially the reasons why they gather around structures in the sea. Not only is it important to understand the life-styles of target animals. It is also necessary to gain insight into their feeding habits, competing life forms, natural enemies, and biological environmental factors. In other words it is necessary to think of the reef as an entire eco-system.

PASSATO E FUTURO DELLE BARRIERE ARTIFICIALI E DEI RELATIVI HABITAT ACQUATICI IN GIAPPONE

L'attrezzatura da pesca tradizionale, come i rifugi o i cumuli di pietrame sono stati usati per molto tempo in Giappone per catturare i pesci e innalzare il livello

dell'efficienza di pesca. Inoltre c'è l'esempio delle nasse per i polpi e le gabbie per le seppie. Queste possono svolgere due funzioni contemporaneamente, creare un punto di raccolta per calamari e polpi e contemporaneamente un mezzo per realizzare una cattura. Questi strumenti sono stati creati grazie all'esperienza dei pescatori che hanno saputo come trarre vantaggio dalle caratteristiche naturali degli animali marini. Alcuni di questi sistemi sono ancora in uso con piccoli miglioramenti o senza alcuna modifica. Questi sistemi di pesca possono essere considerati l'origine delle barriere artificiali.

Le più antiche referenze bibliografiche sulla creazione di siti di pesca in Giappone menzionano il lavoro di Nonaka Kenzan. Nel 1652 egli ha sistemato rocce lungo la costa per creare un'area di pesca. Ciò vuol dire che esistono almeno 350 anni di storia della creazione di siti di pesca in Giappone. Negli anni '70, l'istituzione delle acque territoriali ha reso necessaria per le nazioni la gestione e il mantenimento delle risorse lungo le coste dei propri confini nazionali, dando di conseguenza origine a sostegni nazionali per queste iniziative. Nel momento in cui l'attività di costruzione di barriere artificiali ha aumentato l'impiego di strutture industriali, le barriere prefabbricate sono divenute comuni.

Intorno al 1716 è stato spiegato ai pescatori come gettare massi nell'oceano allo scopo di aumentare i letti ad alghe. Nel 1913 queste imprese sono state oggetto di un sostegno governativo e questi sforzi sono stati portati avanti su scala nazionale.

In seguito, gli animali individuati per l'allevamento iniziarono a includere ricci di mare, orecchie di mare, oloturie e altri animali costieri. Gli sforzi per allevare il polpo comune, l'abramide rosso, l'ippoglosso, il granchio delle nevi, i gamberi del nord e altre forme di vita marine capaci di muoversi in grandi aree e liberamente natanti sono aumentati.

Per migliorare le tecniche per la creazione di siti di pesca e nurseries, è importante raggiungere un buon livello di comprensione del tipo di vita dell'animale bersaglio, specialmente le ragioni per cui si raccolgono attorno alle strutture in mare. Non soltanto è importante capire le modalità di vita degli animali marini. È anche necessario indagare le loro abitudini alimentari, le forme di competizione, i nemici naturali ed i fattori biotici dell'ambiente. In altre parole è necessario pensare alla barriera come ad un intero ecosistema.

S. KUWABARA, K. SEINO, Y. FUKUHARA, K. YANO*

North Japan Harbors Consultant Co., Ltd., Hokuo Bldg., 11-ban 18-go, Heiwadaikita - Shiroshi-ku, Sapporo, Japan. Tel: 11/863 9111 E-mail: s_kuwa@njpc.co.jp

* Department of Marine Development Technology, Faculty of Engineering, Hokkaido Tokai Univ., 1-1 5-jo 1-chome, Minaminosawa - Minami-ku, Sapporo, Japan.

STUDY OF MIXED MATERIALS TO INCREASE THE STABILITY OF A RUBBLE MOUND HABITAT

This study aims to clarify: 1) the assessment of wave-resistant stability when mixing stone materials of different grain-sizes, 2) the effects on the habitats of marine organisms of a rubble mound breakwater to breed marine organisms.

(1) Structural resistance against wave action stability tests using materials of mixed grain size.

Hydraulic model tests using materials of mixed grain size were made.

a. Preparation of materials of mixed grain size of stone materials were prepared in sizes equivalent to the current standards.

b. Irregular waves were used in the tests for materials of each size, as well as for those of mixed sizes. The results show that by using mixed grain-size materials, because they mesh well with each other, current velocity resistance are improved by about 10%, respectively, versus using materials of a consistent size and of an equivalent weight. Thus the weight of mounds can be reduced by 30%.

(2) The effects of materials of mixed grain size upon habitats of marine organisms.

Using sea urchins, a typical marine resource, the relationship between the grain size of stone materials and the habitat conditions of marine organisms was examined.

Larvae live on bedrock or in an area covered with stones less than 30 cm in diameter (about 40 kgf). However, imagoes live in a shore reef or in an area covered with stones less than 50 cm in diameter (about 170 kgf).

The study indicates that mounds comprising mixed materials of various stone sizes produce a resistance 15% higher than the resistance of banks made of standardized, uniform materials. Consequently, a variety of effects are expected, including: 1) not using materials that do not meet the standard and cannot be used under the current conditions, 2) ensuring stability while the total weight is kept lower than the weight using uniform materials, 3) providing an environment favorable as a marine habitat.

Thus, a better habitat can be provided to marine organisms at a lower cost when mixed-size stone materials and surrounding barriers are combined according to the natural conditions of the sea area.

ANALISI DI MATERIALI ETEROGENEI PER MIGLIORARE LA STABILITA' DI HABITAT COSTITUITI DA CUMULI DI MACERIE

Questo studio si propone di chiarire: 1) la valutazione della stabilità e della resistenza alle onde quando si mescolano materiali rocciosi di diversa granulometria; 2) gli effetti sull'habitat degli organismi marini di una diga di macerie costruita per allevare

gli organismi marini.

(1) Test sulla resistenza strutturale contro l'azione delle onde utilizzando materiali di diversa granulometria.

Sono stati fatti test su un modello idraulico utilizzando materiali a diversa granulometria.

- a. preparazione di materiali rocciosi a diversa granulometria, di dimensioni secondo gli standard correnti
- b. sono state utilizzate onde irregolari nei test per i materiali di ogni dimensione, così come per quelli di dimensioni eterogenee. I risultati mostrano che utilizzando materiali a diversa granulometria, poiché si mescolano bene tra loro, la resistenza alla velocità della corrente è migliorata circa del 10%, nei confronti di materiali di dimensioni consistenti e di peso equivalente. Perciò il peso dei cumuli può essere ridotto del 30%.

(2) Effetti dei materiali a diversa granulometria sull'habitat degli organismi marini.

Utilizzando i ricci di mare, una tipica risorsa marina, è stata esaminata la relazione tra la granulometria dei materiali rocciosi e le condizioni dell'habitat degli organismi marini. Le larve vivono sui fondi rocciosi o in un'area coperta da rocce di meno di 30 cm di diametro (circa 40 kgf). Comunque, gli adulti vivono su una barriera costiera o in un'area coperta da rocce di meno di 50 cm di diametro (circa 170 kgf).

Gli studi indicano che i cumuli comprendenti materiali eterogenei di rocce di diverse dimensioni producono una resistenza del 15% superiore della resistenza dei banchi fatti da materiali uniformi e standardizzati. Di conseguenza, è attesa una varietà di effetti, tra cui: 1) non usare materiali non compresi negli standard e che non possono essere usati in quelle condizioni di corrente, 2) assicurare la stabilità mentre il peso totale è mantenuto inferiore a quello ottenuto utilizzando materiali uniformi, 3) fornire un ambiente favorevole come habitat marino.

Perciò, un habitat migliore può essere fornito agli organismi marini ad un costo inferiore quando materiali rocciosi di diverse dimensioni e le barriere circostanti sono combinate secondo le condizioni naturali del tratto di mare.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "*Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats*": 272 - 279.

M.L. PATTON, R.S. GROVE*

Rainbow Environmental Services, 5504 8th St., Fallbrook, California 92028, USA.

Tel: 760 7230323, E-mail: jakediver@aol.com

* Southern California Edison Co., 2244 Walnut Grove Ave., Rosemead, CA 91770 USA.

WHY IS THE MACROINVERTEBRATE BIOTA OF THE MISSION BAY CONCRETE REEF IMPOVERISHED?

Southern California Edison has been required to plan and construct an artificial reef to support giant kelp (*Macrocystis* sp.), fish, and invertebrates. The proposed design for this reef is similar to the design of an artificial reef constructed in 1990 and 1991 off Mission Bay Park in San Diego county: low-relief hard substrate interspersed with sand. This Mission Bay reef has consistently supported giant kelp, but its invertebrate biota has been relatively impoverished. To determine the reasons for this impoverishment, we studied the effects of substrate type and conformation on invertebrate population densities and sediment accumulation on several Southern California reefs using SCUBA transects and sediment collection devices. The Mission Bay reef consists of largely of flat, thin (10 to 20 cm), and nearly horizontal slabs of concrete. Concrete, as a material, did not appear to have produced macroinvertebrate impoverishment, since concrete supported rich biotas elsewhere in Southern California. The predominance of horizontal substrate on the Mission Bay reef was probably important; the biotas of horizontal substrates were relatively impoverished on most reefs. This impoverishment was probably due to sediment accumulation on horizontal substrates. Earlier work indicates that some impoverishment is probably also due to the low bottom relief and early successional state of the Mission Bay reef. Macrofaunal richness on the proposed reef could probably be increased by increasing the amount of tall (0,5 to 1 m) vertical substrate. Too much vertical substrate cannot be used, however, since such substrate is often heavily colonized by kelp competitors and grazers.

PERCHE' SI E' IMPOVERITO IL BIOTA DEI MACROINVERTEBRATI DELLA BARRIERA DI CALCESTRUZZO DI MISSION BAY?

Alla Southern California Edison è stato richiesto di progettare e costruire una barriera artificiale che servisse per l'alga gigante (*Macrocystis* sp.), i pesci e gli invertebrati. Il disegno progettuale proposto per questa barriera è simile a quello di una barriera artificiale costruita nel 1990–1991 fuori dal Parco di Mission Bay nella contea di San Diego: un substrato duro a basso rilievo mescolato a sabbia. La barriera di Mission Bay è servita in modo consistente al kelp gigante, ma il suo biota di invertebrati è stato alquanto impoverito. Per comprendere le ragioni di questo impoverimento, abbiamo studiato gli effetti del tipo di substrato e della conformazione sulla densità della popolazione di invertebrati e l'accumulo dei sedimenti su molte barriere della California meridionale utilizzando transetti percorsi in immersione (SCUBA) e strumenti per il campionamento dei sedimenti. La barriera di Mission Bay consiste di un gran numero di lastre di calcestruzzo quasi orizzontali lisce e sottili (da 10 a 20 cm).

Il calcestruzzo, come materiale, non sembra che abbia provocato l'impoverimento dei macroinvertebrati, poiché sul calcestruzzo sono insediati ricchi biota da qualunque altra parte in California meridionale. La predominanza di substrati orizzontali sulla barriera di Mission Bay è stata probabilmente importante; i biota dei substrati orizzontali sono relativamente impoveriti nella maggior parte delle barriere. Questo impoverimento era probabilmente dovuto all'accumulo dei sedimenti sui substrati orizzontali.

Lavori più recenti indicano che un certo impoverimento probabilmente è anche dovuto al basso rilievo dal fondo e ad uno stadio successionale iniziale della barriera di Mission Bay. La ricchezza di macrofauna sulla barriera proposta probabilmente può essere incrementata aumentando l'estensione verticale (da 0,5 a 1 m) dei substrati. Comunque, non possono essere usati troppi substrati verticali, poiché questi substrati sono spesso fortemente colonizzati dai competitori e dai pascolatori dell'alga gigante.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "*Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats*": 292 - 299.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 188-189

A.ULAS, S. ÜNSAL, A. LÖK, O. DÜZBASTYLAR, C. METİN

Aegean University, Faculty of Fisheries, Bornova 35100 -İzmir, Turkey.
Tel: +90 2327521162, E-mail: ulas@sufak.ege.edu.tr

THE STUDIES ON ARTIFICIAL REEF DESIGN FOR *OCTOPUS VULGARIS* (CUVIER, 1797) IN IZMIR BAY (AEGEAN SEA, TURKEY): FIELD AND TANK OBSERVATIONS

The demand for octopus and their high market prices, have stimulated increasing fishing pressure and a dramatic decline in abundance of this species in the coast of Turkey. Our study, which is started on September 1996 in Izmir Bay focused on understanding the habitat selection of *Octopus vulgaris*. Study has three stage: (1) underwater observations to determine shelter characteristics of octopus in natural habitats, (2) tank observations for artificial reef design, (3) reef construction and observations after octopus-reef deployment on seabed. In the first stage, some shelter characteristics have measured by using SCUBA observation technics. These are habitat types (seameadow, muddy area etc.) and water depth, angle of shelter with bottom line, width of entrance, hole depth of shelter, weight and length of octopus in shelter. Furthermore, materials around the shelter entrance were collected and identified. In the second stage, shelter selection behaviour of octopus in experimental tank (2m×2m×1 m) was observed by using CCD video camera. According to the results of the first and the second stage of our study, thirty concrete octopus-reef which have 16 bottom closed holes (18 cm entrance width and 30 cm hole depth) and dimensions in 140 cm×140 cm×40 cm, were constructed. These reef modules were deployed in three different areas.

The present time, observations after deployment continue.

STUDI SULLE TIPOLOGIE DI BARRIERE ARTIFICIALI PER OCTOPUS VULGARIS (CUVIER, 1797) NELLA BAIA DI IZMIR (MAR EGEO, TURCHIA): OSSERVAZIONI DI CAMPO E IN VASCA

La richiesta di polpi e il loro elevato prezzo di mercato hanno stimolato la crescente pressione di pesca e un drastico declino dell'abbondanza di questa specie lungo le coste della Turchia. Il nostro studio, che è cominciato a settembre del 1996 nella Baia di Izmir, è mirato alla comprensione della selezione dell'habitat da parte di *Octopus vulgaris*. Lo studio è costituito da tre fasi: (1) osservazioni subacquee per determinare le caratteristiche dei rifugi del polpo in ambiente naturale, (2) osservazioni in vasca delle tipologie di barriere artificiali, (3) costruzione di una barriera e osservazioni dei polpi sul fondo marino dopo l'immersione della barriera. Nella prima fase, alcune caratteristiche dei rifugi sono state osservate mediante tecniche di osservazione SCUBA.

Queste sono tipi di habitat (praterie marine, zone fangose ecc), profondità dell'acqua, angolo del rifugio rispetto al fondale, larghezza dell'entrata, profondità della tana, peso e lunghezza del polpo nel rifugio. Inoltre, è stato raccolto ed identificato il materiale attorno all'entrata della tana. Nella seconda fase è stato osservato il comportamento dei polpi nella scelta della tana all'interno di vasche sperimentali (2 m × 2 m × 1 m) utilizzando una videocamera CCD. Secondo i risultati della prima e seconda fase dello studio, sono state costruite trenta barriere di calcestruzzo per polpi con 16 fori chiusi alla base (larghezza dell'entrata 18 cm e 30 cm di profondità della tana) di dimensioni 140 cm × 140 cm × 40 cm. Questi moduli di barriera sono stati immersi in tre diverse aree. Attualmente, è ancora in atto l'osservazione dopo la deposizione.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats": 307 - 317.

L.E. DEYSHER, R.S. GROVE¹, T.A. DEAN, A. JAHN²

Coastal Resources Associates, Inc., 1185-A Park Center Drive - Vista CA 92083 USA.
Tel: 760/727-2004, Fax: 760/727-2207, E-mail: coastal_resources@compuserve.com

¹ Southern California Edison Co., 2244 Walnut Grove Ave. - Rosemead, CA 91770 USA.

² Entrix Inc., 590 Ygnacio Valley Road - Walnut Creek CA 94596 USA.

DESIGN CONSIDERATIONS FOR AN ARTIFICIAL REEF TO GROW GIANT KELP, *MACROCYSTIS PYRIFERA*, IN SOUTHERN CALIFORNIA.

As mitigation for estimated losses of kelp bed resources due to the operations of the San Onofre Nuclear Generating Station (SONGS), Southern California Edison is building a 150 acre artificial reef to restore populations of the giant kelp, *Macrocystis pyrifera*. This reef is unprecedented in terms of both size and its focus on providing habitat for giant kelp. The purpose of this study was to derive a set of design specifications for an artificial reef that would be successful in maintaining persistent kelp populations. Specifically we addressed issues of what substrates could be used on the reef, how large these substrates could be, how high they could be piled, and how they could be distributed.

There is a long history of artificial reef construction in southern California. A review of the history of the six reefs that occur in water depths suitable for kelp growth showed that these reefs have all harbored kelp populations in the first few years after construction. However, these populations were soon lost from the reefs and never returned. A variety of factors were responsible for the loss of kelp from these reefs. The most important factor appears to be the high relief of these reefs that creates ideal habitat for other organisms that can out-compete kelp for substrate, attracts fishes that graze both new recruits and adult plants, and provides numerous crevices where herbivores such as urchins can escape predators.

The substrate characteristics of regions with successful natural kelp populations were determined by comparing areas of high kelp persistence with nearby areas of low persistence. These areas of different kelp persistence were delineated using historical kelp bed canopy maps from the period from 1967 to 1994 that were synthesized in a GIS database. The observations of the persistent kelp areas showed that relief was low, generally less than 30 cm, with low to moderate percentages of sand cover.

The conclusion from these design studies was that a low relief reef with a moderate level of sand cover would be the most likely candidate for a successful kelp reef. This conclusion was supported by later observations on a concrete reef constructed offshore of Mission Beach (San Diego, CA) which has supported kelp populations for over 6 years.

CONSIDERAZIONI SULLA TIPOLOGIA DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE PER LA CRESCITA DEL KELP GIGANTE, *MACROCYSTIS PYRIFERA*, NELLA CALIFORNIA DEL SUD

Come mitigazione per le perdite stimate delle risorse dei fondi ad alghe giganti dovute alle operazioni della San Onofre Nuclear Generating Station (SONGS), la Southern California Edison sta costruendo una barriera artificiale di 150 acri per ricostituire la popolazione dell'alga gigante *Macrocystis pyrifera*. Questa barriera non ha prece-

denti in termini sia di dimensioni sia di finalità, in quanto deve fornire un habitat per l'alga gigante. Lo scopo di questo studio è quello di fornire una serie di suggerimenti sulla tipologia più adatta per una barriera artificiale che risulti efficace nel mantenere una popolazione persistente di kelp. Nello specifico, abbiamo fornito delle indicazioni su quale substrato possa essere usato per la barriera, quanto largo questo substrato debba essere, che altezza debba raggiungere la costruzione e come debbano essere distribuiti i substrati.

C'è una lunga tradizione sulla costruzione di barriere artificiali nella California del sud. Una rassegna della storia delle sei barriere che si trovano a profondità dell'acqua tali da consentire la crescita del kelp ha mostrato che tutte queste barriere hanno ospitato popolazioni di kelp nei primi anni dopo la costruzione. Comunque, le barriere hanno presto perso queste popolazioni che non sono più ritornate. Una gran varietà di fattori è responsabile della perdita di kelp nelle barriere. Il fattore più importante sembra essere l'altezza eccessiva delle strutture di queste barriere che crea un habitat ideale per altri organismi che possono competere con il kelp per il substrato, l'eccessiva altezza attrae pesci che pascolano sia sui germogli sia sulle piante adulte e fornisce numerosi anfratti nei quali gli erbivori come il riccio di mare possono sfuggire ai predatori.

Le caratteristiche del substrato delle regioni in cui sono ben sviluppate le popolazioni naturali di kelp sono state determinate confrontando le aree con elevata persistenza del kelp con aree vicine a bassa persistenza. Queste aree a differente persistenza di kelp sono state delineate utilizzando mappe storiche dei fondi di kelp del periodo tra il 1967 e il 1994, e riuniti in una base dati GIS. L'osservazione delle aree con kelp persistente ha mostrato che il rilievo era basso, generalmente al di sotto dei 30 cm, con una percentuale di copertura sabbiosa da bassa a moderata.

La conclusione tratta da questi studi sulla tipologia è stata che una barriera a basso rilievo con una moderata copertura sabbiosa potrebbe essere la soluzione migliore per una barriera efficace nei riguardi del kelp. Questa conclusione è supportata da successive osservazioni su una barriera di calcestruzzo costruita al largo di Mission Beach (San Diego, CA), che ha ospitato una popolazione di kelp per oltre 6 anni.

L. SCHILLAK, T. MEYER*

German Environmental Consultants, Head of the Department "Ecology and Environment", Augustaanlage 59_
68165 Mannheim, Germany.

* MARILIM, Managing Director, Wisshofstrasse 1-3, Gebäude 11, 24148, Kiel, Germany.
Tel: 0049-431-72070-81, E-mail: tmeyer@marilim.de

ARCON[®], AN INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR PLANNING, CONCEPTUAL DESIGN AND INSTALLATION OF ARTIFICIAL REEFS IN THE SUBLITTORAL MARINE ENVIRONMENT EXPERIENCES FROM THE BALTIC SEA AND THE INDIAN OCEAN

The ARCON[®] technology uses the principle of electrolytic precipitation for the submerge production of hard substrata. By installation of a DC regime in the sea water with anodes and kathodes, adequate in shape and material, mainly Calciumcarbonate (CaCO_3) as well as Magnesiumhydroxide ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) are deposited at the kathode (an iron mesh). The DC regime may be mains operated or connected to windgenerators or solar panel systems. A computer supported electronic control system has been developed, which ensures the necessary DC optimum for precipitation.

During the precipitation phase the deposited substrate is colonized by marine settling organisms, which are then incorporated into the new substrate. In general a substrate conglomerate is produced, composed of electro-chemical and biogen constituents.

Under optimal precipitation conditions ARCON[®] substrates show a considerably high bending strength, which ranges between 4.978,0 P.S.I. (343,0 kg/cm²) and 3.959,4 P.S.I. (274,0 kg/cm²).

Immediately after the power supply has been switched on, a whitish layer is produced on the kathode mesh. During the following months this layer grows in thickness and hardens rapidly.

The first marine organisms almost immediately colonize the new substrate, following general colonization patterns of substrates in the marine environment with primary and secondary settlers. As the precipitation proceeds, the mesh of the kathode is quickly closed and transformed into a uniform surface. According to the experiences with the ARCON[®] technology a substrate adequate for a complex society of marine settlers may be formed already within six months.

The ARCON[®] technology for the installation of artificial reefs presents a number of important advantages: (1) ARCON[®] reef structures are easy to install, (2) the encrusting substrate is absolutely pure and does not contain or release any hazardous compounds, since it is taken directly from the sea water; (3) by the use of flexible materials (light iron mesh) in a modular system the extension and shape of artificial ARCON[®] reef structure may vary in a broad range; (4) the installation of the artificial ARCON[®] reef structure by divers guarantees the exact positioning and shaping of the artificial reef according to the predefined structural design; (5) the possibility to use three different sources of electrical energy rises its applicability range (e.g. installation in remote marine areas, independent from land based power supply systems).

At present the ARCON[®] technology is used in two larger projects: rehabilitation of coral reefs in the Indian Ocean and Enhancement of fishery and tourism in the Baltic Sea. Experiences and results will be presented.

ARCON®: UNA TECNOLOGIA INNOVATIVA PER PIANIFICARE E PROGETTARE BARRIERE ARTIFICIALI NELL'AMBIENTE MARINO SUBLITORALE. ESPERIENZE NEL MAR BALTICO E NELL'OCEANO INDIANO

La tecnologia di ARCON® utilizza il principio della precipitazione elettrolitica per la produzione di substrati duri sott'acqua. Tramite l'installazione di un regime di corrente continua (DC) nell'acqua di mare con anodi e catodi, adatti nella forma e nel materiale, vengono depositati al catodo (una maglia di ferro) soprattutto carbonato di calcio (CaCO_3) e idrossido di magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Il regime a DC può essere mantenuto operativo via radio o con l'uso di generatori eolici o sistemi di pannelli solari. È stato messo a punto un computer per il controllo elettronico e per assicurare l'optimum necessario di DC per la precipitazione.

Durante la fase di precipitazione il substrato depositato è colonizzato da animali marini, che sono perciò incorporati nel nuovo substrato. In generale si produce un substrato conglomerato, composto di costituenti elettrochimici e biogeni.

In condizioni ottimali di precipitazione i substrati di ARCON® mostrano una forza legante considerevolmente alta, che spazia tra 4.978,0 P.S.I. ($343,0 \text{ kg/cm}^2$) e 3.959,4 P.S.I. ($274,0 \text{ kg/cm}^2$).

Immediatamente dopo l'accensione della corrente, uno strato biancastro si forma sulla maglia del catodo. Durante i mesi seguenti questo strato cresce in spessore e si solidifica rapidamente. I primi organismi marini colonizzano il nuovo substrato praticamente subito, seguiti da altri secondo lo schema generale di colonizzazione dell'ambiente marino con colonizzatori primari e secondari. Al procedere della precipitazione, la rete del catodo si ostruisce rapidamente e si trasforma in una superficie uniforme. In base alle esperienze fatte con la tecnologia di ARCON®, un substrato adeguato per un complesso di colonizzatori marini può essere formata entro sei mesi.

La tecnologia di ARCON® per la costruzione di barriere artificiali presenta un certo numero di importanti vantaggi: (1) le strutture di barriera di ARCON® sono semplici da installare, (2) il substrato incrostante è assolutamente puro e non rilascia né contiene sostanze tossiche, poiché viene direttamente dall'acqua di mare, (3) grazie all'uso di materiali flessibili (leggere reti metalliche) in un sistema modulare, l'estensione e la forma della struttura di barriera di ARCON® possono variare molto, (4) l'installazione della struttura della barriera artificiale di ARCON® effettuata dai subacquei garantisce l'esatto posizionamento e modulazione della barriera artificiale secondo il disegno strutturale predefinito, (5) la possibilità di utilizzare tre differenti sorgenti di energia elettrica aumenta il suo range di applicabilità (per esempio l'installazione in aree marine distanti, indipendenti da rifornimenti di energia legati alla terraferma). Attualmente la tecnologia di ARCON® è utilizzata in due vasti progetti: il recupero delle barriere coralline nell'Oceano Indiano e il miglioramento della pesca e del turismo nel Mar Baltico.

Vengono presentati esperienze e risultati.

E. CHARBONNEL, C. SERRE*

GIS Posidonie, Université de Marseille-Luminy, 13288 - Marseille Cedex 9, France.

Tel: 33.(0)4.91.82.91.35. Fax: 33.(0)4.91.41.12.65. E-mail: gis@com.univ-mrs.fr

* Conseil General des Alpes-Maritimes, Direction de l'Environnement et de la Forêt.
BP 3007 - 162010 Nice Cedex 3, France.

EFFECTS OF REEF DESIGN COMPLEXIFICATION ON ASSOCIATED FISH ASSEMBLAGES. EXAMPLE OF LARGE ARTIFICIAL REEF UNITS OF 158 M³ USED IN FRANCE.

Over 33.000 m³ of artificial reefs have been deployed in France since 1985; almost half of this volume is constituted of Large Artificial Reef Unit (LARU) of 158 m³, directly inspired from Japanese reef technology. LARU reef is a very simply designed reef, of large dimensions (6×6×4,4 m), which comprises only one vast undivided empty chamber, with a wide mesh aperture. Previous works showed that the biological efficiency of LARU is very low, in comparison with others modules (especially small concrete cubes of 1 to 2 m³ arranged in chaotic heaps). The lack of success of LARU was attributed to the type of habitat resources, not suitable to most Mediterranean demersal fishes.

In order to improve the LARU reef efficiency, an experiment was conducted in Golfe-Juan protected area (French Riviera). The habitat complexity was increased *in situ* in 1991, by adding 40 m³ of cheap materials (mainly small breeze blocks, with some concrete slab and pipes) inside the empty chamber. The breeze blocks were piled at random in order to create variously sized shelters for both fishes and preys within the LARU reef. Two LARU reefs, with and without design modification, were compared through surveys of their fish fauna performed in 1987/89 and 1997/98.

On the modified LARU reef, all assemblage parameters showed higher values in 1997/98 than in 1987/89 when it was unmodified: species richness was twice as high (38 species in 1998 *versus* 18 in 1989), the mean number of species per census was three times higher (1998: $18,85 \pm 2,54$ vs. $6,55 \pm 1,13$ in 1989), density was multiplied by 22 (1998: $2,68 \pm 1,85$ ind./m³; 1989: $0,12 \pm 0,06$ ind./m³) and biomass by 126 (1998: 1386 ± 1354 g/m³; 1989: 11 g/m³). On the other hand, very few changes were observed over a period of 10 years on the unmodified LARU reef in specific richness (15 species recorded at both period, $7,29 \pm 2,56$ spp/census in 1998 vs. $8,00 \pm 2,00$ in 1989), in density (1998: $0,42 \pm 0,37$ ind./m³; 1989: $0,17 \pm 0,12$ ind./m³) and in biomass (1998: 97 ± 108 g/m³; 1989: 27 g/m³). Moreover, the abundance of sparids increased considerably on the modified LARU reef (38% of the total density and 58% of the total biomass), while midwater planctivores (*Chromis chromis* and *Spicara* spp.) contributed to 71% of the total density on the unmodified LARU (vs. 47% on the modified LARU) and 14% of the total biomass (vs. 3,6%).

Therefore, the design "complexification" of LARU reef improved not only the global efficiency of the reef, but also the quality of the species using it. The addition of breeze blocks which offer numerous, small interconnected chambers and an extended surface area, results in the attraction of many demersal fishes. These results confirm the prominent role of design and structural complexity (rugosity) of artificial reefs on richness and abundance of fish assemblages. This study can have practical issues in France, where many LARU reefs were deployed (95 units: 15.010 m³).

EFFETTI DELLA COMPLICAZIONE DEL DISEGNO DI UNA BARRIERA SUI POPOLAMENTI DI PESCI ASSOCIATI. ESEMPIO DI GRANDI UNITÀ DI 158 M³ DI BARRIERA ARTIFICIALE UTILIZZATI IN FRANCIA

Oltre 33.000 m³ di barriere artificiali sono state immerse in Francia a partire dal 1985; circa la metà di questo volume è costituito da grandi moduli (Large Artificial Reef Unit (LARU)) di 158 m³, che si rifanno alla tecnologia delle barriere giapponesi. La barriera LARU è una barriera di tipo molto semplice, di grandi dimensioni (6×6×4,4 m), che comprende una sola grande e intera camera vuota, con una larga apertura a rete. I lavori precedenti hanno mostrato che l'efficienza biologica della LARU è molto bassa, in confronto con altri moduli (specialmente piccoli cubi di calcestruzzo di 1 o 2 m³ disposti in mucchi caotici). La mancanza di successo dalla LARU è stata attribuita al tipo di risorse dell'habitat, non idonee alla maggior parte dei pesci demersali mediterranei.

Con lo scopo di migliorare l'efficienza della barriera LARU, è stato condotto un esperimento nell'area protetta di Golfe-Juan (Riviera francese). La complessità dell'habitat è stata aumentata *in situ* nel 1991, aggiungendo 40 m³ di materiali economici (soprattutto piccoli blocchi di scorie di fornace, con qualche lastra e tubo di calcestruzzo) all'interno della camera vuota. I blocchi di scorie di fornace sono stati appilati casualmente allo scopo di creare ripari di diversa dimensione sia per i pesci che per le prede all'interno della barriera LARU. Due barriere LARU, con e senza modificazione della tipologia, sono state confrontate attraverso i campionamenti dei rispettivi popolamenti di pesci nel 1987/89 e nel 1997/98.

Sulla barriera LARU modificata tutti i parametri dell'associazione ittica hanno mostrato valori più elevati nel 1997/98 rispetto al 1987/89, quando non era modificata: la ricchezza in specie è circa il doppio (38 specie nel 1998 contro 18 specie nel 1989), il numero medio di specie per censimento è tre volte più elevato (1998: $18,85 \pm 2,58$ contro $6,55 \pm 1,13$ nel 1989), la densità è risultata moltiplicata per 22 (1998: $2,68 \pm 1,85$ ind./m³; 1989: $0,12 \pm 0,06$ ind./m³) e la biomassa per 126 (1998: 1386 ± 1354 g/m³; 1989: 11 g/m³). Al contrario, solo pochi cambiamenti sono stati osservati in un periodo di 10 anni sulla barriera LARU non modificata nella ricchezza specifica (15 specie registrate in entrambi i periodi, $7,29 \pm 2,56$ spp./censimento nel 1998 contro $8,00 \pm 2,00$ nel 1989), nella densità (1998: $0,42 \pm 0,37$ ind./m³; 1989: $0,17 \pm 0,12$ ind./m³) e nella biomassa (1998: 97 ± 108 g/m³; 1989: 27 g/m³). Inoltre, l'abbondanza degli sparidi è aumentata considerevolmente sulla barriera LARU modificata (38% della densità totale e 58% della biomassa totale), mentre i plantofagi di mezz'acqua (*Chromis chromis* e *Spicara* spp.) hanno contribuito per il 71% nella densità totale sulla barriera LARU non modificata (contro il 47% su quella modificata) e per il 14% della biomassa totale (contro il 3,6%).

Perciò, l'intervento per aumentare la complessità della barriera LARU ha migliorato non solo l'efficienza globale della barriera, ma anche la qualità delle specie che la utilizzano. L'aggiunta di blocchi di scorie che offrono numerose, piccole camere interconnesse ed un'estesa superficie, ha dato i suoi risultati nell'attrazione di molti pesci demersali. Questi risultati confermano il ruolo predominante della tipologia e della complessità strutturale (rugosità) delle barriere artificiali sulla ricchezza e l'abbondanza delle associazioni di pesci. Questo studio può avere un'applicazione pratica in Francia, dove sono state immerse molte barriere LARU (95 unità: 15.010 m³).

E. SPANIER, N. KRESS*, M. TOM*

The Leon Recanati Center for Maritime Studies and the Department of Maritime Civilizations, University of Haifa, Mount Carmel - Haifa 31905, Israel. Tel: 972-4-8240782, E-mail: spanier@research.haifa.ac.il

*Israel Oceanographic & Limnological Research, National Institute of Oceanography, PO Box 8030 - Haifa 31080, Israel. Tel: 972-4-8515202, E-mail: tom@ocean.org.il

THE USE OF COAL FLY ASH IN MARINE CONCRETE FOR ARTIFICIAL REEFS IN THE SOUTHEASTERN MEDITERRANEAN

In consolidated form coal fly ash (CFA) is more stable and thus is considered for building of artificial reefs providing that it has no negative effects on the marine environment. Four groups of blocks containing 0%, 40%, 60% and 80% CFA respectively, as a substitute for sand, were deployed off the coast of Haifa, Israel. Every 3-4 months, two blocks from each group were retrieved and investigated for biological, mechanical and chemical aspects.

Main sessile taxa recorded on the blocks were: filamentous green algae; bryozoa of the genera *Schizoporella*, *Celleporaria*, *Thalamoporella*, *Electra* and *Beania*; barnacles of the species *Balanus trigonus*, *Balanus amphitrite* and *Balanus perforatus*; serpulid worms of the species *Pomatoceros triqueter*, *Serpula ancharum*, *Hydroides uncinata* and *Spirorbis* sp.; the hydroid *Aglaophenia pluma* and the bivalves *Pinctada radiata* and *Spondylus spinosus*.

After 33 months at a depth of 18,5 m in the open sea, the number of species settled on the blocks and the biotic coverage did not differ significantly between treatments.

The above biological aspects, however, are affected by abiotic parameters, such as light intensity and water temperature. The lowest biotic coverage was observed on the upper side of the blocks (av. $6,3 \pm 1,1\%$) with maximum coverage (av. $33,3 \pm 12,6\%$) being on the lower side. The number of species on the upper side of the blocks was also significantly lower than on the other sides. No significant changes have been observed in the number of species.

The sunlit upper sides of the blocks were mainly covered with algae, leaving little room for the settlement of fauna. Animal species that did settle on the upper side were mainly barnacles and serpulid worms. Bryozoa dominated the lateral sides, while serpulid worms settled on the lower sides. Biotic coverage was poorer in winter than in summer due to a reduction in the coverage of bryozoa.

The initial heavy metal composition was directly proportional to the CFA percentage in the block. After 21 months at sea, only Pb decreased significantly in all the blocks.

At the end of the study (33 months at sea) it was found that Pb and Zn decreased in all the blocks, Cd decreased in the 60% CFA block, Fe decreased in the 40% and 60% blocks, while Al decreased in all the CFA containing blocks. Mn increased in the blocks with 80% CFA. This may indicate that the composition of the blocks is being changed by long term processes. The changes in Al can be explained by the dissolution of Al containing minerals (mullite and ettringite). The Al dissolution can be concurrent with the dissolution of other trace elements. An increase in Mn was observed elsewhere as a result of local deposition of insoluble manganese salts. The changes in chemical composition were accompanied by changes in compressive strength in all the blocks.

The highest increase in compressive strength were measured in the 40% and 60% CFA blocks that reached a compressive strength nearly six times greater than the control samples. These physical changes were noticed however, before the changes in the chemical composition of the blocks were evident.

Trace metal levels (Hg, Cd, Zn, Mn, Cu, Fe and Al) were measured in the sessile biota beginning from nine months at sea. Hg concentrations were always below detection limit. In most cases no dependence was found between the metal levels and the time at sea or the CFA content of the blocks.

These results may support the use of CFA as a substitute for sand in concrete for prefabricated artificial reef units.

L'UTILIZZO DI CENERI LEGGERE DI CARBONE NEL CALCESTRUZZO MARINO PER BARRIERE ARTIFICIALI NEL MEDITERRANEO SUD-ORIENTALE

Nella forma consolidata, le ceneri leggere di carbone (CFA) sono più stabili e quindi prese in considerazione per la costruzione di barriere artificiali non avendo effetti negativi sull'ambiente marino. Quattro gruppi di blocchi contenenti lo 0%, 40%, 60% e 80% di CFA rispettivamente, come sostituto della sabbia, sono stati immersi al largo della costa di Haifa, Israele. Ogni 3-4 mesi, due blocchi di ogni gruppo sono stati prelevati ed analizzati sotto l'aspetto biologico, meccanico e chimico.

I principali taxa sessili ritrovati sui blocchi erano: alghe verdi filamentose, briozoi del genere *Schizoporella*, *Celleporaria*, *Thalamoporella*, *Electra* e *Beania*; cirripedi delle specie *Balanus trigonus*, *Balanus amphitrite* e *Balanus perforatus*; serpulidi delle specie *Pomatoceros triqueter*, *Serpula concharum*, *Hydroides uncinata* e *Spirorbis* sp.; l'idroide *Aglaophenia pluma* e i bivalvi *Pinctada radiata* e *Spondylus spinosus*.

Dopo 33 mesi, a una profondità di 18,5 m in mare aperto, il numero di specie insediate sui blocchi e la copertura biotica non differivano significativamente tra i quattro gruppi. I sopracitati aspetti biologici, comunque, sono influenzati da parametri abiotici, come l'intensità della luce e la temperatura dell'acqua. La più bassa copertura biotica è stata osservata sulla parte superiore dei blocchi (in media $6,3 \pm 1,1\%$) essendo la massima copertura ($33,3 \pm 12,6\%$) sulla parte inferiore. Il numero di specie sulla parte superiore dei blocchi era anche significativamente più basso rispetto agli altri lati. Non sono state osservate variazioni significative nel numero di specie.

La parte superiore illuminata dei blocchi era ricoperta soprattutto da alghe, che lasciano poco spazio per l'insediamento della fauna. Le specie animali che si sono insediate sulla parte superiore erano in prevalenza balani e serpulidi. I briozoi erano dominanti sulle facce laterali mentre i serpulidi in quelle inferiori. La copertura biotica era più povera in inverno che in estate a causa di una riduzione nel ricoprimento da parte dei briozoi.

La composizione iniziale in metalli pesanti era direttamente proporzionale alla percentuale di CFA nei blocchi. Dopo 21 mesi in mare, solamente il Pb è diminuito in modo significativo in tutti i blocchi. Alla fine dello studio (33 mesi in mare) è stato rilevato che il Pb e lo Zn sono diminuiti in tutti i blocchi, il Cd è diminuito nei blocchi al 60% CFA, il Fe è diminuito nei blocchi a 40% e a 60%, mentre l'Al è diminuito in tutti i blocchi contenenti CFA. Il Mn è aumentato nei blocchi al 80% CFA. Questo può indicare che a lungo termine la composizione dei blocchi è cambiata. Le variazioni dell'Al possono essere spiegate tramite la dissoluzione di minerali contenenti Al (mullite e ettringite). La dissoluzione dell'Al può essere contemporanea alla dissoluzione di altri elementi in traccia. Un aumento di Mn è stato osservato ovunque come risultato della

deposizione locale di sali di manganese insolubili. Le variazioni nella composizione chimica sono state accompagnate da variazioni della resistenza alla compressione in tutti i blocchi. Il più elevato aumento della resistenza alla compressione è stato misurato nei blocchi con il 40% e il 60% di CFA, che hanno raggiunto valori circa sei volte più grandi che i campioni di controllo. Queste modificazioni fisiche sono state avvertite comunque, prima che fossero evidenti le modificazioni nella composizione chimica dei blocchi.

Le concentrazioni dei metalli in traccia (Hg, Cd, Zn, Mn, Cu, Fe e Al) sono state misurate negli organismi sessili a partire dai 9 mesi di immersione. Le concentrazioni di Hg erano sempre al di sotto dei limiti di rilevazione. Nella maggior parte dei casi non è stata trovata correlazione tra la concentrazione dei metalli e il tempo trascorso in mare o il contenuto in CFA dei blocchi. Questi risultati possono garantire l'utilizzo del CFA quale sostituto della sabbia nel calcestruzzo per le unità prefabbricate per barriere artificiali.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science, (2002), 59 Suppl.: 231-237

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 198-199

T. SUZUKI

Marine Engineering Department of HAZAMA CORPORATION 2-5-8-Kita-Aoyama Minato-ku,
Tokyo, 107-8658, Japan. Tel: 81-3-3423-1191, E-mail: suzukit@hazama.co.jp

DEVELOPMENT OF HIGH-VOLUME FLY ASH CONCRETE AND APPLICATION TO ARTIFICIAL SEA MOUNTAINS

A new material with high volume content of fly ash named "Ashcrete" has been developed. To examine the applicability of Ashcrete to marine structures, strength characteristics, resistance to seawater attack, and safety in the marine environment have been studied. And a new manufacturing process has been developed which fluidizing fly ash, cement, admixture and a minimal amount of water mixture by series of vibrations named "Super fluidizing method". There are at least following four advantages in the Super fluidizing method for Ashcrete production; (1) increased quality of Ashcrete with homogeneous mixing and least cracking after drying, (2) increased economical efficiency by cutting the amount of cement by 2/3, (3) increased easy handling during operation with minimum adhesion and easy transport and (4) increased easy mixing design with easy control of water and vibration. As the result of long-term studies and underwater observations, the Japanese Government has approved the durability of the material, safety in the marine environment and attractiveness to fishes. It is therefore proposed that Ashcrete can be used in constructing large-scale sea mountains named "Super Ridge" in deep water for the purposes of generating upwelling stream. The project was launched in which Ashcrete blocks were piled onto the seabed to construct a mound-shaped structure. This project is being carried out at a cost of approximately 10 million dollars spanning a period of six years.

By the result of produced five thousands of 6-tons-blocks, it was proved that super-fluidizing-method is very effective way of mass production of concrete blocks made from powder shaped byproduct such as fly ash. And those blocks were piled onto the depth of eighty meters seabed using a bottom-opening barge. Three thousands blocks can make a fourteen meters high sea mountain on the deep-sea bottom. The position of the sea-mountain peak was built with very high accuracy, so sea-mountain can be built with the designed shape by this construction method.

By the ROV investigation, surfaces of those blocks were covered with many fouling organisms only ten months after installation. And also many kinds of fish were observed around and in the sea-mountain.

SVILUPPO DI UN CEMENTO A CENERI LEGGERE AD ALTO VOLUME E APPLICAZIONE SU MONTAGNE MARINE ARTIFICIALI

Un nuovo materiale contenente un alto volume di ceneri leggere, chiamato "Ashcrete" è stato sviluppato. Per valutare l'utilizzo dell'Ashcrete nelle strutture marine, sono state studiate le caratteristiche di rigidità, la resistenza all'attacco dell'acqua di mare e la sicurezza nell'ambiente marino. Inoltre è stato sviluppato un nuovo metodo industriale per fluidificare le ceneri, il cemento, l'additivo e un minimo quantitativo di acqua per mezzo di una serie di vibrazioni chiamato "Metodo Super Fluidificante". Ci sono almeno i quattro vantaggi seguenti nel metodo super fluidificante per la produzione di Ashcrete: (1) qualità più elevata dell'Ashcrete grazie ad un mescolamento omogeneo e ad una minima incrinatura dopo l'asciugatura, (2) miglior efficienza economica dovuta ad una riduzione della quantità di cemento dei $2/3$, (3) miglior maneggevolezza durante le operazioni grazie al minor attrito ed a un facile trasporto e (4) più facile processo di miscelazione grazie ad un facile controllo dell'acqua e delle vibrazioni. Come risultato di studi a lungo termine e di osservazioni subacquee, il Governo giapponese ha riconosciuto la durevolezza del materiale, la sicurezza nell'ambiente marino e la capacità attrattiva nei confronti dei pesci. È stato perciò proposto che l'Ashcrete possa essere utilizzato nella costruzione di montagne marine su larga scala chiamate "Super Ridge" in acque profonde con il proposito di generare un flusso di upwelling. Il progetto è stato varato e i blocchi di Ashcrete sono stati ammassati sul fondo marino per costruire una struttura simile ad una montagna. Questo progetto è stato portato avanti con un costo di approssimativamente 10 milioni di dollari per una durata di sei anni. Come risultato della produzione di cinquemila blocchi di 6 tonnellate l'uno, è stato provato che il metodo super fluidificante è un processo molto efficiente di produzione massiva di blocchi di cemento costituiti da polvere tipo le ceneri leggere. Inoltre questi blocchi sono stati ammassati a una profondità di 80m utilizzando una chiatta a fondo apribile. Tremila blocchi possono formare una montagna alta 14m sul fondo del mare. La posizione della vetta della montagna marina fu costruita con molta precisione, poiché con questo metodo di costruzione le montagne possono essere erette con la forma pre-stabilita. Per mezzo di indagini ROV, si è notato che la superficie dei blocchi è stata ricoperta da organismi del fouling solo 10 mesi dopo l'installazione e anche molte specie di pesci sono state osservate attorno e sulla montagna marina.

K.J. COLLINS, J. EAST*, A.C. JENSEN, J.J. MALLINSON, S.M. MUDGE*, I.P. SMITH*

School of Ocean and Earth Science, University of Southampton - Southampton SO14 3ZH, UK.

* School of Ocean Sciences, University of Wales - Bangor, Gwynedd LL59 5EY, UK.

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF A SCRAP TYRE ARTIFICIAL REEF

Scrap tyre have been widely used around the world to construct artificial reefs.

They are a popular construction material being readily available at no cost, are durable and have large void spaces. The latter features are a disadvantage in land disposal.

There appears to be little published information about the environmental impact of tyres in the marine environment, where they are used the successful colonisation by epibiota and mobile species is taken as proof of their suitability. Laboratory leaching studies with tyres have detected the release of zinc and a range of polycyclic aromatic hydrocarbons. In 1998 an experimental scrap tyre artificial reef was constructed in Poole Bay to provide data on the environmental impact of the material. Colonisation is being monitored for comparison to that on concrete control modules deployed at the same time. Samples of the epibiota have been analysed for heavy metals and organic compounds. Results from the first year of deployment will be presented.

VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE DI VECCHI COPERTONI

I vecchi copertoni sono stati largamente utilizzati in tutto il mondo per costruire barriere artificiali. Sono un comune materiale da costruzione che è prontamente disponibile a costo zero, è duraturo e ha molti spazi vuoti. Lo smaltimento a terra è svantaggioso. Sembra che ci siano molto poche informazioni pubblicate riguardo all'impatto ambientale dei copertoni nell'ambiente marino dove sono utilizzati; il buon esito della colonizzazione da parte degli epibionti e delle specie mobili è portato come prova della loro validità. Studi di laboratorio sulla lisciviazione dei copertoni hanno rivelato il rilascio di zinco e una serie di idrocarburi policiclici aromatici. Nel 1998 una barriera artificiale sperimentale fatta di vecchi copertoni è stata costruita a Poole Bay per fornire dati sull'impatto ambientale del materiale. La colonizzazione è stata monitorata per un confronto con quella ritrovata su moduli di calcestruzzo di controllo immersi allo stesso tempo. Campioni di epibionti sono stati analizzati alla ricerca di metalli pesanti e composti organici. Vengono presentati i risultati del primo anno di immersione.

M.S. LOVE, J. CASELLE, D. SCHROEDER, C. FUSARO*, M. NISHIMOTO

Marine Science Institute, University of California - Santa Barbara, California 93106 USA.

Tel: 805/ 893-3217, E-mail: love@lifesci.ucsb.edu

* Joint Oil/Fisheries Liaison Office, 121 Gray Ave. Suite 205A - Santa Barbara, 93101 USA.

A SUMMARY OF THE FISH ASSEMBLAGES AROUND SEVEN OIL AND GAS PRODUCTION PLATFORMS AND AROUND OIL DRILLING DEBRIS OFF CENTRAL AND SOUTHERN CALIFORNIA

Petroleum production has been a part of the southern California economy since the Nineteenth Century. Currently, there are 19 platforms in operation in the Santa Barbara Channel and off central California. Oil platforms provide considerable habitat for marine organisms. Oil/gas platforms have a finite economic lifespan and a number of them are becoming uneconomical to operate and there is considerable debate regarding the fate of these structures. Some interest groups would like to leave them in place, while others favor complete removal. Understanding biological communities on the platforms is crucial in making rational decisions regarding the fates of these structures.

However, very little was known about the fish fauna around these platforms. Beginning in 1995, we began a survey of the fishes of both platforms and natural reefs using a research submersible. This paper discusses the results of four years of survey work.

In general, rockfishes (genus *Sebastes*) dominated the fish assemblages. We identified at least 30 rockfish species and the group often comprised 80-90% of all fishes seen. Juvenile fishes often characterized the mid-depths around platforms. Around some platforms, in some years we estimated there to be a minimum of 25,000 juvenile rockfishes. Adult and subadult fishes were most abundant around the bottom of the structures, juveniles were relatively rare. We found considerable variability in fish assemblages between platforms, partially attributable to differences in platform depth, distance from shore and location in different water masses. Of particular interest was the observation that platforms may act as refuges, as fishing pressure around some of these structures is quite low. As an example, the density of one species of particular interest, the over-fished Bocaccio (*Sebastes paucispinis*), is higher at one of the platforms than at any natural reef we have surveyed.

In addition, during oil industry development on the south/central coast of California, a variety of objects including abandoned wellheads, pipeline segments and other offshore oil drilling equipment has been left behind. We undertook to identify and quantify the kind and number of rockfish and other fish species associated with this offshore oilfield debris in an effort to assess the significance of this debris as fish habitat in the region. Using video taken from a remotely operated vehicle, we identified and counted the fish and measured characteristics of the debris. We observed 33 species of fishes in 9 families on the debris in four regions (from Pt. Conception to Los Angeles).

Rockfishes comprised approximately 78% of all species observed. There was a north to south gradient in total fish abundance per region with greater numbers present in the north and fewer in the south. Pt. Conception and Gaviota had approximately 3× as many fish of all species as Santa Barbara and Los Angeles.

We compared the abundance (mean number) of fish per item among regions. Two rockfish species (brown rockfish and olive/yellowtail rockfish) showed no spatial differences in abundance per item. There were significantly more vermilion rockfish in the northern region than in the southern regions. Copper rockfish, had the highest abun-

dance in the central region followed by the northern region and the lowest abundance was recorded at in the south. All rockfish combined showed a slightly non-significant trend of higher abundance in the north and lower abundances towards the south. This same pattern was strong and significant for non-rockfish. Abundance of non-rockfish at the northernmost region was 43 times higher than the southernmost region.

We asked whether there were any differences in characteristics of the items on which there were fish present versus items with no fish present. Water depth, height, rugosity and volume of an item predicted the presence of rockfish species, but none of these characters were consistent for all species. Only shelter availability significantly predicted the presence of all rockfish species. In all cases, items with rockfish present had significantly more shelter available than items with no rockfish present.

The results of this study have implications not only for the ongoing discussions regarding abandonment of offshore oilfield platforms in this region, but for design and evaluation of artificial reefs in the marine environment.

SINTESI SULLE ASSOCIAZIONI DI PESCI ATTORNO A SETTE PIATTAFORME PER L'ESTRAZIONE DI GAS E PETROLIO E ATTORNO A DETRITI DI TRIVELLAZIONE PER PETROLIO AL LARGO DELLA CALIFORNIA CENTRALE E MERIDIONALE

La produzione di petrolio è stata una parte dell'economia della California meridionale a partire dal diciannovesimo secolo. Attualmente, esistono 19 piattaforme in funzione nel Canale di Santa Barbara e al largo della California centrale. Le piattaforme petrolifere forniscono un habitat considerevole per gli organismi marini. Le piattaforme per l'estrazione di petrolio o gas hanno una limitata durata nel tempo e per un certo numero di esse diventa improduttivo continuare ad operare ed è in atto un grande dibattito sul destino di queste strutture. Alcuni gruppi di interesse vorrebbero lasciarle sul posto, mentre altri sono a favore di una rimozione totale. Conoscere le comunità biologiche sulle piattaforme è cruciale nel prendere decisioni razionali sul destino di queste strutture. Comunque, si sa molto poco sulla fauna attorno alle piattaforme. A partire dal 1995 abbiamo iniziato un'indagine dei pesci sia delle piattaforme sia delle barriere naturali utilizzando un sommergibile da ricerca. Questo lavoro discute i risultati di quattro anni di indagini.

In generale, gli scorfani (gen. *Sebastes*) dominano le associazioni di pesci. Abbiamo identificato almeno 30 specie di scorfani e il gruppo spesso comprende l'80 – 90% di tutti i pesci visti. I giovanili dei pesci spesso caratterizzano le profondità medie attorno alle piattaforme; attorno ad alcune, in certi anni è stato valutato un minimo di 25.000 giovanili di scorfani. Pesci adulti e subadulti risultano molto abbondanti attorno al fondo delle strutture, mentre i giovanili sono relativamente rari. Abbiamo trovato una considerevole variabilità nelle associazioni di pesci tra le piattaforme, in parte attribuibile alle differenze nella profondità, nella distanza dalla costa e nella posizione delle piattaforme che si trovano in diverse masse d'acqua. Di particolare interesse è stata l'osservazione che le piattaforme possono servire da rifugi, essendo la pressione di pesca attorno ad alcune di queste strutture abbastanza bassa. Come esempio, la densità

di una delle specie di particolare interesse, il sovrasfruttato Bocaccio (*Sebastes paucispinis*), è più elevata presso una delle piattaforme che in ogni altra barriera naturale che abbiamo esaminato.

Inoltre, durante lo sviluppo dell'industria petrolifera sulla costa centro-meridionale della California, una varietà di strutture comprese testate di pozzi abbandonate, pezzi di condutture e altre strutture per la trivellazione del petrolio sono state abbandonate.

Abbiamo iniziato ad identificare e quantificare il tipo ed il numero degli scorfani e delle altre specie di pesci associate a questi rottami di impianti petroliferi nel tentativo di valutare il significato di questi rottami come habitat per pesci nella regione. Utilizzando video presi da un mezzo comandato a distanza (ROV), abbiamo identificato e conteggiato i pesci e misurato le caratteristiche dei rottami. Abbiamo osservato 33 specie di pesci appartenenti a 9 famiglie sui rottami in quattro regioni (da Pt. Conception a Los Angeles). Gli scorfani rappresentano il 78% di tutte le specie osservate. È stato trovato un gradiente da nord a sud nell'abbondanza totale dei pesci per regione con i numeri più grandi presenti al nord e quelli più bassi al sud. Pt. Conception e Gaviota hanno approssimativamente tre volte più pesci di tutte le specie rispetto a Santa Barbara e a Los Angeles.

Abbiamo confrontato l'abbondanza (numero medio) dei pesci per tipo di rottame tra le regioni. Due specie di scorfani (*Sebastes auriculatus* e *S. flavidus*) non hanno mostrato differenze spaziali nell'abbondanza per tipo di rottame. Sono stati trovati significativamente più scorfani vermigli nella regione settentrionale che nelle regioni meridionali. *S. cavrinus* ha l'abbondanza maggiore nella regione centrale seguita da quella settentrionale e l'abbondanza minore è stata registrata al sud. Tutti gli scorfani insieme mostrano un leggero trend non significativo di maggior abbondanza a nord e minor abbondanza verso sud. Questo stesso andamento è risultato fortemente significativo per gli altri pesci. L'abbondanza degli altri pesci (non scorfani) nelle regioni più settentrionali era 43 volte più alta che nelle regioni più meridionali.

Ci siamo chiesti se ci fosse qualche differenza tra le caratteristiche dei rottami sui quali erano presenti i pesci e quelli senza pesci. La profondità dell'acqua, l'altezza, la rugosità, il volume di un rottame può condizionare la presenza degli scorfani, ma nessuna di queste caratteristiche è valida per tutte le specie. Solamente la disponibilità di rifugi può condizionare significativamente la presenza di tutte le specie di scorfani.

In tutti i casi, i tipi di rottame sui quali erano presenti gli scorfani avevano significativamente più ripari disponibili di quelli senza presenza di scorfani.

I risultati di questo studio hanno implicazioni non solo per l'attuale discussione sull'abbandono delle piattaforme petrolifere in questa regione, ma anche per la progettazione e la valutazione delle barriere artificiali nell'ambiente marino.

L. FANG, W. CHOU*

National museum of marine biology & aquarium, Kaoshiung - Taiwan, Republic of China.

Tel: 886/7 2264005, E-mail: lsfang@mail.nmmba.gov.tw

* Institute of Marine Resources, National Sun Yet-sen University, Kaohsiung - Taiwan, Republic of China.

A LONG TERM MONITORING OF THE BENTHIC COMMUNITY CHANGE IN A STEEL SLAG CASTING SITE IN THE COASTAL WATERS OF TAIWAN

Approximately two million tons of steel slag were cast in a shallow water (40~60 m) sandy bottom coastal waters in southern Taiwan from 1984 to 1989. This had changed the nature of the substrate completely. After that, the benthic community in this new substrate was monitored for nine years. Sessile organisms such as barnacles, sea anemone, sea squirts, oyster, hydroids, tube worm, even soft coral and gorgonians grow on the slag. In addition to sandy bottom fishes and crustaceans, reef fish fauna such as Scorpaenidae, Scaridae, Chaetodontidae also moved in the site. During the studying period, many fish species that present in early years were gradually replaced by other species. Statistically speaking, the species diversity and individual abundance in the casting site are slightly higher than that of the adjacent area, but the species composition is significantly different. From a time series view point, there is no obvious yearly difference of diversity or individual abundance in the casting site. However, the species composition had changed from the early stage to the later years. Using the species-abundance model to examine the stability of the community in the casting site, it fits in the log-series and log-normal model, suggesting it is a community under medium disturbance. This is similar to the adjacent sandy bottom area where much fishing effort is on going.

MONITORAGGIO A LUNGO TERMINE DELLE MODIFICAZIONI DELLA COMUNITA' BENTONICA IN UN SITO DI STOCCAGGIO DI SCORIE FERROSE NELLE ACQUE COSTIERE DI TAIWAN

Approssimativamente due milioni di tonnellate di scorie ferrose sono state affondate in acque costiere poco profonde (40~60 m) con fondo sabbioso nel sud di Taiwan dal 1984 al 1989. Questo fatto ha modificato completamente la natura del substrato.

Dopo di ciò, la comunità bentonica su questo nuovo substrato è stata monitorata per nove anni. Organismi sessili come balani, anemoni di mare, ascidie, ostriche, idroidi, vermi tubicoli, persino coralli molli e gorgonie sono cresciuti sulle scorie. In aggiunta ai pesci e ai crostacei dei fondi sabbiosi, pesci di barriera quali Scorpaenidae, Scaridae, Chaetodontidae, si sono spostati nella zona. Durante il periodo analizzato, molte specie di pesci che erano presenti nei primi anni sono state rimpiazzate da altre specie.

Statisticamente parlando, la diversità in specie e l'abbondanza individuale nel sito di sversamento delle scorie è leggermente più alta di quelle delle aree adiacenti, ma la composizione in specie è significativamente diversa. Dal punto di vista delle serie temporali, non c'è una evidente differenza annuale nella diversità o nell'abbondanza degli individui nel sito di sversamento delle scorie. Comunque la composizione in specie è cambiata dal primo periodo agli ultimi anni. E' stato utilizzato il modello specie

– abbondanza per esaminare la stabilità della comunità nel sito di sversamento delle scorie. Questo quadra nel modello log-series e in quello log-normal, il che indica che si tratta di una comunità al di sotto del disturbo medio. Questo è simile all'area adiacente a fondo sabbioso, sulla quale viene effettuato un maggiore sforzo di pesca.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), 59 Suppl.: 238-242

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 205-206

D.M. SCHROEDER

Marine Science Institute, University of California - Santa Barbara, California 93106 USA.
Tel: 805/893 3835, E-mail: schroed@lifesci.ucsb.edu

SPATIAL AND TEMPORAL PATTERNS OF SHALLOW WATER FISH ASSEMBLAGES AMONG NINE OIL AND GAS PRODUCTION PLATFORMS AND NINE NATURAL REEFS IN THE SANTA BARBARA CHANNEL REGION, USA

Within the next decade, production will be terminated in a number of oil and gas platforms located off the California coast. To assess the utility of a rigs-to-reef program for decommissioned platforms, resource managers need not only a comparison of fish assemblages between platforms and natural reefs, but also an understanding of how ecological processes differ between these two habitat types. A description of spatial and temporal variability in fish abundance and species richness provides insight into processes which structure fish assemblages. Unfortunately, there are no published comparisons of fish assemblages between artificial and natural reefs conducted over large spatial and temporal scales. I present the results of a four year study (1995 - 1998) in which shallow water (<39m) fish abundance and diversity were visually surveyed using scuba over nine oil and gas production platforms and nine natural reefs in the Santa Barbara Channel region, which spans a distance of approximately 125 km. In general, platform fish assemblages were less diverse and more variable in space and time than natural reef fish assemblages. Evidence suggests that these variability patterns are primarily generated by the dynamic oceanography in this area with particular sensitivity to El Nino-Southern Oscillation events. Certain fish assemblage characteristics were associated with local features in both habitat types. Fish abundance and species richness were negatively correlated with platform depth. On natural reefs, fish abundance, but not species richness, was positively correlated with relief height. Platform fish assemblages contained more species of rockfishes (Family Scorpaenidae) and pelagic fishes than natural reefs, but fewer wrasses (Family Labridae) and surfperches (Family Embiotocidae). The presence of two fish species, giant kelpfish (*Heterostichus rostratus*) and kelp surfperch (*Brachyistius frenatus*), depended upon the presence of giant kelp, *Macrocystis pyrifera*.

MODELLI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE ASSOCIAZIONI DI PESCI DI ACQUE BASSE IN NOVE PIATTAFORME DI ESTRAZIONE DI GAS E PETROLIO E NOVE BARRIERE NATURALI NELLA REGIONE DEL CANALE DI SANTA BARBARA, USA

Entro i prossimi dieci anni, la produzione sarà terminata in un certo numero di piattaforme per l'estrazione di gas e petrolio situate lungo la costa della California. Per valutare l'utilità di un programma che preveda l'utilizzo di piattaforme in disuso come barriere artificiali, i gestori delle risorse necessitano non solo di confrontare le associazioni di pesci sulle piattaforme e sulle barriere naturali, ma anche di comprendere in che cosa differiscono i processi ecologici in questi due tipi di habitat. Una descrizione della variabilità spaziale e temporale dell'abbondanza dei pesci e della ricchezza in specie consente di comprendere entro certi limiti i processi che regolano l'associazione di pesci. Sfortunatamente, non ci sono in bibliografia confronti tra associazioni di pesci su barriere artificiali e naturali su larga scala spaziale e temporale. Sono presentati i risultati di uno studio quadriennale (1995 – 1998) nel quale l'abbondanza e la diversità dei pesci di acque basse (<39 m) sono state rilevate visivamente da subacquei su nove piattaforme per l'estrazione di gas e petrolio e nove barriere naturali nella regione del Canale di Santa Barbara, per una estensione di circa 125 km. In generale, le associazioni di pesci sulle piattaforme sono meno diversificate e più variabili nello spazio e nel tempo rispetto a quelle delle barriere naturali. L'evidenza suggerisce che questa variabilità sia generata principalmente dalla dinamica oceanografia di quest'area particolarmente sensibile ai fenomeni di Oscillazione Meridionale di El Niño. Alcune caratteristiche delle associazioni di pesci sono collegate alle peculiarità locali in entrambi i tipi di habitat. L'abbondanza di pesci e la ricchezza in specie è negativamente correlata alla profondità della piattaforma. Sulle barriere naturali, l'abbondanza di pesci, ma non la ricchezza in specie, è positivamente correlata all'altezza del rilievo. Le associazioni di pesci della piattaforma contengono più specie di pesci da scoglio (famiglia Scorpaenidae) e di pesci pelagici rispetto alle barriere naturali, ma meno labridi (famiglia Labridae) e pesci della famiglia Embiotocidae. La presenza di due specie di pesci: *Heterostichus rostratus* e *Brachyistius frenatus* dipende dall'esistenza dell'alga gigante *Macrocystis pyrifera*.

D.R. FRUMKES

Conservation Network, American Sportfishing Association - Malibu, CA 90265 USA.
Tel: 310. 456 9201, E-mail: dfrumkes@worldnet.att.net

THE STATUS OF THE CALIFORNIA RIGS TO REEFS PROGRAM AND THE NEED TO LIMIT CONSUMPTIVE FISHING ACTIVITIES

This paper identifies the planning and policy issues associated with the utilization of portions of decommissioned oil platforms in the construction of artificial reefs. Problems, solutions, and current progress are discussed.

Some leaders of the southern California environmental and commercial fishing communities have been hostile to offshore oil drilling for decades. They influenced current agreements between the state and the industry which require complete removal of the structures. Association with offshore drilling is a political liability. Industry sponsored rigs to reefs initiatives and legislation were vigorously opposed, in part, because the industry would be a beneficiary. The preference for protection of natural habitat and stocks over construction of artificial reefs for resource enhancement is frequently expressed by environmentalists. Artificial reefs constructed from synthetic materials have been characterized as everything from resource enhancement to ocean dumping. While the socio-economic benefits derived from increased fishing opportunity are sufficient justification for rigs to reef programs in the Gulf of Mexico, the deeply felt antagonism toward the oil industry requires development of new strategies in California.

A solution may be the enactment of legislation with the goal of enhancing living marine resources while providing socio-economic benefits. There is agreement among the angling, diving, academic and environmental communities that artificial reefs should not be overexploited. Support from all of these communities will be required for the enactment of legislation. The value of both resource enhancement and protection should be considered. Decisions should be based on the objective interpretation of the best available information.

The southern California sportfishing community is sponsoring legislation that provides a framework enabling: (1) evaluation of structure habitat value on a case by case basis; (2) specification of requirements associated with structure acceptance such as site augmentation and safety precautions; (3) dedication of at least fifty percent of decommissioning savings of accepted structures to an open coastal resource enhancement trust fund, and (4) specification of selection criteria for the trustees. The creation of fishing opportunity reefs separate from the rigs is among the array of projects which might be funded. Academic scientists have contrasted the habitat values of several California rigs with other marine habitats. The results suggest that some rigs provide valuable habitat for rockfish, but consumptive activities could nullify their enhancement potential. Therefore, consumptive activities near the rigs and new reefs may be greatly restricted, and the requirement to underwrite enforcement of newly mandated regulations is likely.

*LO STATO DELLE PIATTAFORME DELLA CALIFORNIA DA
UTILIZZARE COME BARRIERE ARTIFICIALI E LA NECESSITA' DI
LIMITARE LE ATTIVITA' DISTRUTTIVE DI PESCA*

Questo lavoro identifica i problemi politici e di pianificazione associati all'utilizzazione di parti di piattaforme petrolifere dismesse nella costruzione di barriere artificiali. Problemi, soluzioni e attuale stato di avanzamento vengono discussi.

Alcuni esponenti delle comunità che si interessano dei problemi ambientali e di pesca commerciale della California meridionale si sono opposti per decenni alla trivellazione per la ricerca del petrolio al largo della loro costa. Essi hanno influenzato gli attuali accordi tra lo stato e l'industria che impongono la completa rimozione delle strutture. L'associazione con la trivellazione al largo è un obbligo politico. L'industria ha sponsorizzato le iniziative per l'utilizzo delle piattaforme come barriere e la legislazione si è vigorosamente opposta, in parte perché l'industria ne avrebbe tratto vantaggio. La preferenza per la protezione di habitat naturali e di stock tramite la costruzione di barriere artificiali per la riqualificazione delle risorse è espressa frequentemente dagli ambientalisti. Le barriere artificiali costruite con materiali sintetici sono state considerate come una via per aumentare lo sversamento dei rifiuti in mare. Benché i benefici socio-economici derivanti dalle aumentate opportunità di pesca siano sufficienti giustificazioni per i programmi per l'utilizzo delle piattaforme come barriera nel Golfo del Messico, la profonda avversione nei riguardi dell'industria petrolifera richiede lo sviluppo di nuove strategie in California.

Una soluzione può essere l'emanazione di una legislazione per migliorare le risorse marine viventi, e nello stesso tempo avere benefici socio-economici. Esiste un accordo tra i pescatori all'amo, i subacquei, gli accademici e ambientalisti che le barriere artificiali non devono essere sovrasfruttate. Sarà richiesto un sostegno a tutte queste categorie per l'attuazione di una tale legislazione. Dovrà essere considerato il valore sia del miglioramento sia della protezione delle risorse. Le decisioni dovranno essere basate sull'interpretazione obiettiva delle migliori informazioni disponibili.

La comunità della pesca sportiva della California meridionale sta sostenendo una legislazione che fornisca una struttura capace di fare: (1) una valutazione del valore della struttura dell'habitat caso per caso; (2) una specifica dei requisiti associati all'accettabilità della struttura come l'incremento del sito e le precauzioni di sicurezza; (3) devolvere almeno il cinquanta per cento dei risparmi della dismissione delle strutture scelte ad un fondo fiduciario per il miglioramento delle risorse costiere e (4) la specificazione dei criteri di selezione per i fiduciari. La creazione di barriere dedicate alla pesca separate dalle piattaforme è tra le iniziative del progetto che devono essere finanziate. Gli scienziati accademici hanno contrastato il valore di molte piattaforme della California rispetto ad altri habitat marini. I risultati suggeriscono che alcune piattaforme forniscono validi habitat per gli scorfani, ma le attività distruttive di prelievo possono vanificare il loro potenziale di miglioramento delle risorse. Perciò, attività di pesca vicino alle piattaforme e alle nuove barriere devono essere fortemente limitate ed è auspicabile la richiesta di un rinforzamento della nuova regolamentazione.

M. HELVEY

Habitat Conservation Division, Southwest Region, National Marine Fisheries Service - Santa Rosa, California
95404 USA. Tel: 707/575-6078, E-mail: mark.helvey@noaa.gov

ARE SOUTHERN CALIFORNIA OIL AND GAS PLATFORMS ESSENTIAL FISH HABITAT ?

The U. S. Congress passed the Sustainable Fisheries Act of 1996, which amended and reauthorized the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act.

New provisions added to the Act now require consideration of ecological issues related to sustainable fisheries, including adverse impacts to important fish habitat. The Act calls for designating U.S. waters and substrates necessary to fish for spawning, breeding, feeding, or growth to maturity as Essential Fish Habitat (EFH) and undertaking federal consultations if these habitats are potentially threatened. Implementation of the EFH mandate coincides with recent discussions on anticipated decommissioning and removal of oil and gas platforms in southern California. While federally managed species (e.g., rockfish, genus *Sebastes*) under the Pacific Groundfish Fishery Management Plan inhabit these platform reefs, available information is insufficient for determining whether the structures are necessary to support a sustainable fishery or contribute to a healthy ecosystem, the two basic tenets of EFH. Yet the occurrence of vast numbers of young-of-the-year and large-sized adult rockfish at these platforms suggest that certain ecological attributes beneficial to sustainable fisheries may be operating.

Because rockfish show long-term population declines, evaluating whether platforms are EFH, specifically, their function as nurseries and sources of spawning biomass for rockfish, is warranted and should be integrated into the environmental review process. Recognizing that such an assessment will take years to complete, a recommendation is made to scientifically assess the ecological potential of platforms to the groundfish fishery by temporarily setting aside some operating platforms as research closure areas. The need to engage the fishing, environmental and scientific communities with the petroleum industry for developing and implementing an objective and through research design is emphasized.

LE PIATTAFORME PER L'ESTRAZIONE DI GAS E DI PETROLIO NELLA CALIFORNIA MERIDIONALE SONO HABITAT VALIDI PER I PESCI?

Il Congresso degli Stati Uniti ha approvato un decreto sulla Pesca Sostenibile del 1996, che ha emendato e riattivato il decreto di Magnuson-Stevens per la Gestione e la Conservazione della Pesca. I nuovi articoli aggiunti ora al decreto richiedono di prendere in considerazione i fattori ecologici legati alla pesca sostenibile, compresi gli impatti negativi per gli habitat importanti per i pesci. Il decreto richiede che le acque e i fondali degli Stati Uniti necessari ai pesci per la deposizione, l'accoppiamento, il nutrimento e la crescita fino alla maturità siano definiti "Habitat Essenziali per i Pesci" (EFH) e vengono avviate consultazioni federali nel caso che questi habitat fossero potenzialmente minacciati. L'adempimento del mandato sulle EFH coincide

con le recenti discussioni sulla dismissione e rimozione anticipata delle piattaforme per l'estrazione di gas e petrolio nella California meridionale. Anche se le specie sottoposte a gestione federale (ad esempio scorfani del genere *Sebastes*) nell'ambito del Piano di Gestione delle Aree di Pesca del Pacifico abitino queste barriere fatte con le piattaforme, le informazioni disponibili sono insufficienti per stabilire se tali strutture siano necessarie per una pesca sostenibile o contribuiscano ad un ecosistema in buona salute, i due principi di base degli EFH. Eppure, la presenza di grandi quantità di giovani dell'anno e adulti di grossa taglia presenti presso queste piattaforme, suggerisce che possano esistere alcuni aspetti ecologici benefici per la pesca sostenibile.

Poiché gli scorfani mostrano un declino a lungo termine della popolazione, valutare se le piattaforme siano EFH e in particolare se abbiano funzione di nursery e sorgente di biomassa riproduttiva per gli scorfani è garantito e può essere integrato nel processo di revisione ambientale. Riconoscendo che una tale valutazione ha bisogno di anni per essere completa, è stata fatta una raccomandazione per valutare in modo scientifico il potenziale ecologico delle piattaforme per le zone di pesca lasciando temporaneamente da parte alcune piattaforme operative come aree chiuse di ricerca. E' qui enfatizzata la necessità di unire la pesca, le comunità scientifiche e ambientali con l'industria del petrolio per sviluppare e realizzare l'obiettivo attraverso un disegno di ricerca.

Il lavoro completo è pubblicato in *ICES Journal of Marine Science* (2002), **59** Suppl.: 266-271

Biol. Mar. Medit. (2002), **9** (2): 210-211

A.V. SOLDAL, I. SVELLINGEN, T. JØRGENSEN, S. LØKKEBORG

Institute of Marine Research, Fish Capture Division, P.O. Box 1870 - 5817 Bergen, Norway.

Tel: +47 55238500, E-mail: aud.soldal@imr.no

RIGS TO REEFS IN THE NORTH SEA: HYDROACOUSTIC QUANTIFICATION OF FISH IN THE VICINITY OF A 'SEMI-COLD' PLATFORM

The paper describes an experiment aimed at estimating the extent to which decommissioned platforms in the North Sea attract fish. The field work was carried out at the "semi-cold" platform Albuskjell 2/4 Fox on the Ekofisk field in the Norwegian Sector of the North Sea between May and September 1998.

Hydroacoustic quantification and trawling carried out by a research vessel which ran transects from the platform out to a distance of five nautical miles did not demonstrate higher concentrations of fish near the platforms, but for practical and security reasons the vessel was not permitted to operate closer than 50-100 m off the platform.

Acoustic transducers were hung from three sides of the Albuskjell Fox platform in order to measure concentrations of fish close to the sides of the platform jacket. Three series of measurements were carried out in May, July and September. Large differences in fish concentrations were observed, depending on the side of the platform, time of day and season. At night, the fish were distributed throughout the water column in such a way that their distribution was suitable for biomass measurements. The amount of

fish near the platform was estimated by taking the mean concentration indicated by the three transducers and applying this figure to the whole area under the platform and as far out from the side of the platform as the fish were found. This distance was initially set at 50–100 m. The quantities of fish estimated in this way came to 7,6, 15,7 and 13,9 tons of cod and saithe in May, July and September respectively, in addition to 2,3 and 1,2 tons of mackerel in July and September. However, for September the results from fishing experiments with gillnets indicated higher fish density out to a distance of 300 m from the platform. An estimate of fish biomass was also made for this extended area of high abundance. This gave an estimate of no less than 107.7 tons cod and saithe. The given estimates are subject to a high level of uncertainty.

PIATTAFORME QUALI BARRIERE ARTIFICIALI NEL MARE DEL NORD: QUANTIFICAZIONE IDROACUSTICA DEI PESCI NELLE VICINANZE DI UNA PIATTAFORMA "SEMI-FREDDA"

Il lavoro descrive un esperimento diretto alla valutazione del grado in cui le piattaforme dismesse nel Mare del Nord attraggono i pesci. Il lavoro di campo è stato condotto alla piattaforma "semi-fredda" Albuskjell 2/4 Fox nell'area di Ekofisk nel settore norvegese del Mare del Nord, tra maggio e settembre 1998.

La quantificazione idroacustica e la pesca a strascico eseguita da una nave di ricerca che ha percorso transetti dalla piattaforma fino ad una distanza di cinque miglia nautiche non hanno evidenziato concentrazioni di pesci più elevate vicino alla piattaforma, ma per ragioni pratiche e di sicurezza, alla nave non è stato permesso di operare più vicino di 50–100 m dalla piattaforma.

I trasduttori acustici sono stati appesi da tre lati immersi della piattaforma Albuskjell Fox allo scopo di misurare la concentrazione di pesci vicino ai piloni della piattaforma. Sono state fatte tre serie di misurazioni in maggio, giugno e settembre. Grandi differenze nella concentrazione di pesci sono state osservate, in dipendenza del lato della piattaforma, momento del giorno o della stagione. Di notte, i pesci erano distribuiti lungo la colonna d'acqua in modo tale che la loro distribuzione consentiva a misure di biomassa. La quantità di pesci vicino alla piattaforma è stata valutata prendendo la concentrazione media indicata dai tre trasduttori e applicando questo valore all'intera area sotto alla piattaforma e tanto distante da essa quanto lontano sono stati trovati pesci. La distanza è stata fissata inizialmente a 50–100 m. Le quantità di pesci valutate in questo modo vanno da 7,6, 15,7 e 13,9 tonnellate di merluzzo e da un altro gadide (*Pollachinus virens*) in maggio, giugno e settembre rispettivamente, in aggiunta a 2,3 e 1,2 tonnellate di sgombero in giugno e settembre. Comunque, per settembre i risultati degli esperimenti di pesca con la rete da posta indicano una più alta densità di pesci fino ad una distanza di 300 m dalla piattaforma. È stata inoltre fatta una stima della biomassa dei pesci per quest'estesa area di elevata abbondanza. Ciò ha fornito una stima di non meno di 107,7 tonnellate di merluzzo e *Pollachinus virens*. Le stime fornite sono soggette ad un alto grado di incertezza, come cruciale e centrale per il successo di qualsiasi impresa nel Mare del Nord.

M. BAINE

International Centre for Island Technology, Department of Civil and Offshore Engineering,
Heriot-Watt University, Orkney Campus, Stromness - Orkney Islands, KW16 3AW, Scotland.
Tel: 44 1856 850605, E-mail: ioemspb@icit.civ.hw.ac.uk

AN ANALYSIS OF THE NORTH SEA RIGS-TO-REEFS DEBATE CENTRING ON THE UNITED KINGDOM CONTINENTAL SHELF

Against a background where a sharp division of stakeholder opinion exists between proponents and opponents of the rigs-to-reefs concept in the North Sea and concurrently, distinct differences in perception exist as to whether the concept constitutes an act of dumping, this paper presents an independent evaluation of the subject area and contentious points of issue, concluding with the identification of a proactive way forward in the rigs-to-reefs debate.

This paper relates the rigs-to-reefs concept to evolving legislation and the dumping at sea debate initiated by the Brent Spar incident. The extent to which scientific research has evaluated the concept is examined, as is the acceptability of the concept to the environmental and fishing sectors. In steering away from the scientific validation of the rigs-to-reefs concept the paper presents research that has, through observation and direct contact with stakeholder representatives, sought to provide a political analysis of the rigs-to-reefs debate. This has been undertaken in conjunction with the analysis of information from published literature on abandonment and North Sea environmental management, stakeholder policy statements and the changing face of abandonment legislation.

A comprehensive review of the Best Practicable Environmental Option (BPEO) process is called for as it has a central role to play in the development of any rigs-to-reefs programme. Among other research initiatives a need is identified for due attention to be given towards the fate of drill cuttings piles in the event of offshore reef creation and the fate of the reef when it approaches an age where it is subject to large scale degradation through corrosion. A template is also suggested for strict clarification of what is and is not an artificial reef in the context of North Sea abandonment. Offshore reef creation, including deployment in conjunction with a 'no fishing' policy in areas of the North Sea, is assessed as difficult to establish primarily because of the strength of stakeholder values and associated political complexities. The existence of willing reef beneficiaries and the importance of cost are deemed critical to the planning of a nearshore reef programme. Above all, the research stresses the importance of a genuine process of conflict resolution among stakeholders followed by participatory management in future research initiatives and programmes. The influence of fishermen on the whole rigs-to-reefs process is further argued to be crucial and central to the success of any such venture in the North Sea.

UN'ANALISI DEL DIBATTITO SULLE PIATTAFORME DA USARE COME BARRIERE NEL MARE DEL NORD INCENTRATO SULLA PIATTAFORMA CONTINENTALE DEL REGNO UNITO

A differenza di una situazione in cui esiste una netta divisione tra le opinioni delle persone interessate, favorevoli e contrari all'idea che le piattaforme possano essere usate come barriere artificiali nel Mare del Nord e, contemporaneamente all'esistenza di chiare differenze nella percezione che tale proposta sia o meno un metodo per scaricare rifiuti in mare, questo lavoro presenta una valutazione indipendente dell'argomento in questione e sui punti del contenzioso, concludendo con l'identificazione di una reale via d'uscita dal dibattito sulle piattaforme da usare come barriere artificiali.

Questo lavoro mette in relazione l'idea dell'utilizzo delle piattaforme come barriere artificiali con l'evolversi della legislazione e con il dibattito sullo scarico di rifiuti in mare iniziato con l'incidente Brent Spar. È stato esaminato il livello al quale la ricerca scientifica ha valutato l'idea delle barriere, ed anche l'accettabilità per gli ambientalisti ed i pescatori. Lasciando da parte la validazione scientifica della proposta di utilizzare le piattaforme come barriere artificiali, il lavoro presenta una ricerca che, attraverso l'osservazione ed il contatto diretto con i rappresentanti di tutti gli aventi causa, ha cercato di fornire un'analisi politica del dibattito sull'utilizzo delle piattaforme come barriere artificiali. Ciò è stato intrapreso congiuntamente all'analisi delle informazioni provenienti dalla letteratura sulle piattaforme non più utilizzate ed abbandonate e la gestione ambientale del Mare del Nord, dalle dichiarazioni politiche degli aventi causa e dal mutare della legislazione sulla dismissione delle piattaforme.

È stata richiesta una completa rassegna delle Opzioni Ambientali Meglio Attuabili (BPEO) poiché esse svolgono un ruolo centrale nello sviluppo di qualsiasi programma sulle piattaforme da usare come barriere artificiali. Tra le altre iniziative di ricerca è stata identificata la necessità di rivolgere l'attenzione verso il destino degli ammassi di detriti di trivellazione nel caso di creazione di barriere al largo e verso il destino della barriera quando raggiunge un'età nella quale è soggetta a degradazione su larga scala a causa della corrosione. È stato inoltre suggerito uno schema per un chiarimento definitivo su ciò che è o non è una barriera artificiale nel contesto delle dismissioni nel Mare del Nord. La creazione di barriere al largo, inclusa l'immersione in relazione ad una politica che vieta la pesca in aree del Mare del Nord, è ritenuta difficile da effettuarsi, primariamente in relazione alla forza degli aventi causa e alle complessità politiche associate. L'esistenza di volontari beneficiari delle barriere e l'importanza della spesa sono considerati punti critici per la pianificazione di un programma di barriere sotto costa. Soprattutto, la ricerca sottolinea l'importanza di un autentico processo di risoluzione dei conflitti tra gli aventi causa seguito da una partecipazione nella gestione delle future iniziative di ricerca e programmazione. L'influenza dei pescatori sull'intero programma delle piattaforme da usare come barriere artificiali è considerata ulteriormente come cruciale e centrale per il successo di qualsiasi impresa nel Mare del Nord.

T. JØRGENSEN, S. LØKKEBORG, A.V. SOLDAL

Institute of Marine Research, Fish Capture Division, P.O. Box 1870 Nordnes - 5817 Bergen, Norway.
Tel: + 47 55 23 68 25, E-mail: terjej@imr.no

RESIDENCE OF FISH IN THE VICINITY OF A DECOMMISSIONED OIL PLATFORM IN THE NORTH SEA

The suggested use of decommissioned oil platforms as artificial reefs initiated a study of the abundance and residence of fish in the vicinity of the Albuskjell 2/4 Fox platform in the Norwegian sector of the North Sea. This paper presents the results of the study of fish residence that was carried out by the use of coded acoustic VEMCO transmitters surgically implanted into the abdominal cavity of fish.

Fish were caught by hand-line and pots near the platform. After implantation of the cylindrical transmitters, the fish were kept in a tank of running seawater to ensure that only fish that had recovered from the operation were released. Thirty-six cod and two haddock were tagged. Eight ultrasonic receivers anchored around the platform recorded the presence of tagged fish. A further receiver was placed at a neighbouring platform 8 km away.

Data were collected from 25 May to 13 August 1998 and showed that more than 50% of the tagged fish remained at or near the platform throughout the study period. Two tagged fish were registered by the receiver at the neighbouring platform. Four tagged fish have been reported caught, one by gill net at the study platform, two by hand-line at a nearby platform and one by a commercial trawler 9 km distant from the study platform.

RESIDENZA DI PESCI NELLE VICINANZE DI UNA PIATTAFORMA PETROLIFERA DISMESSA NEL MARE DEL NORD

Il proposito delle piattaforme petrolifere dismesse come barriere artificiali ha dato inizio ad uno studio sull'abbondanza e la residenza di pesci nelle vicinanze della piattaforma di Albuskjell 2/4 Fox nel settore norvegese del Mare del Nord. Questo lavoro presenta i risultati dello studio sulla residenza dei pesci che è eseguito mediante l'utilizzo delle trasmissioni acustiche codificate VEMCO chirurgicamente impiantate nella cavità addominale dei pesci.

I pesci sono stati catturati con la lenza a mano e con le nasse vicino alla piattaforma. Dopo l'impianto delle trasmissioni cilindriche, i pesci sono stati messi in una vasca di acqua corrente per assicurarsi che fossero rilasciati solo i pesci guariti dall'operazione. Trentasei merluzzi e due gadidi della specie *Elanogrammus aeglefinnus* (L., 1758) sono stati marcati. Otto ricevitori a ultrasuoni ancorati attorno alla piattaforma hanno registrato la presenza dei pesci marcati. Una ulteriore ricevente è stata sistemata sulla vicina piattaforma a 8 km di distanza.

I dati sono stati raccolti dal 25 maggio al 13 agosto 1998 e hanno mostrato che più del 50% dei pesci marcati è rimasto vicino alla piattaforma per tutto il periodo di studio. Due pesci marcati sono stati registrati dalla ricevente posta sulla vicina piatta-

forma. Quattro pesci marcati sono stati catturati, uno dalla rete da posta alla piattaforma di studio, due con la lenza a mano alla piattaforma vicina e uno da un peschereccio commerciale distante 9 km dalla piattaforma di studio.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), 59 Suppl.: 288-293

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 215-216

S. LØKKEBORG, O.B. HUMBORSTAD, T. JØRGENSEN, A.V. SOLDAL

Institute of Marine Research, Fish Capture Division, P.O. Box 1870 - 5024 Bergen, Norway.

Tel: 47 55238500, E-mail svein.lokkeborg@imr.no

SPATIO-TEMPORAL VARIATIONS IN GILLNET CATCH RATES IN THE VICINITY OF OIL PLATFORMS

Within a few years, 17 of the 29 oil platforms on the Ekofisk field in the North Sea will be decommissioned. Artificial reefs are an alternative use for decommissioned oil platforms. Fishing experiments with gillnets were conducted in the vicinity of two platforms in the North Sea in order to study their potential as sites for commercial fishing. Gillnets were set at distances from 0-1400 m from the platforms during three periods of 3-5 days. In two of the periods, the catch rates (cod, ling, saithe) of gillnets set 0-110 m from the platform were three times higher than those of nets set at greater distances from the platform. The catch rates of gillnets set 0-55 m from the platform were twice as high as those of nets set at distances of 55-110 m. In the third period, when higher catches were obtained, the highest catch rates were taken 150-300 m from the platform, where they were 4,4 times as high as rates at greater distances. Cod caught close to the platform were smaller than cod caught further from the platform. There were large variations in catch rates between fishing days, and in only one of the three periods was a falling trend in catch rates through the period fished observed. Thus the study demonstrated pronounced increases in catch rates close to the platforms, whereas conclusive results on the temporal aspects of increased catches were not obtained.

VARIAZIONI SPAZIO-TEMPORALI NEI RENDIMENTI DI CATTURA CON LA RETE DA POSTA NELLE VICINANZE DI PIATTAFORME PETROLIFERE

Entro pochi anni, 17 delle 29 piattaforme petrolifere sul campo di Ekofisk nel Mare del Nord saranno dismesse. Le barriere artificiali sono un utilizzo alternativo per le piattaforme petrolifere dismesse. Esperimenti di pesca con le reti da posta sono stati condotti nelle vicinanze di due piattaforme nel Mare del Nord allo scopo di studiare il loro potenziale come siti per la pesca commerciale. Le reti da posta sono state siste-

mate ad una distanza che va da 0 a 1400 m dalle piattaforme durante tre periodi di 3–5 giorni. In due di questi periodi, il rendimento di cattura (merluzzo, *Gadus morhua* L. 1758, molva *Molva molva* (L. 1758) ed il gadide *Pollachius virens* (L. 1758)) delle reti da posta situate da 0 a 110 m erano tre volte più alti di quelli delle reti situate a più grandi distanze dalle piattaforme. Le catture delle reti da posta situate da 0 a 55 m erano tre volte più alte di quelle delle reti situate da 55 a 110 m. Nel terzo periodo, quando si sono ottenute catture più elevate, i più alti rendimenti di cattura si sono ottenuti da 150 a 300 m dalle piattaforme, dove erano 4,4 volte più elevati dei rendimenti a maggiore distanza. Il merluzzo preso vicino alla piattaforma risulta più piccolo di quello catturato più distante dalla piattaforma. Si sono verificate ampie variazioni nei rendimenti di cattura tra i giorni di pesca, e in uno solo dei tre periodi c'è stato un andamento discendente nei rendimenti di cattura durante il periodo di pesca osservato. Perciò lo studio ha dimostrato un aumento pronunciato nei rendimenti di cattura vicino alla piattaforma, mentre non sono stati ottenuti risultati conclusivi sull'aspetto temporale dell'aumento delle catture.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), 59 Suppl.: 294-299

S.J. CRIPPS, J.P. AABEL*, J. HOVDA*

Rogaland Research, PO Box 2503 Ullandhaug, N-4091 Stavanger, Norway.

*Dames & Moore, Kirkebakken 8, N-4012 Stavanger, Norway. Tel: +47 5187 5218, E-mail: simon.cripps@rf.no

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF EKOREEF - A MULTI-PLATFORM RIGS TO REEFS DEVELOPMENT

The implementation of one or several sizeable artificial reefs using redundant offshore steel structures is likely to have pronounced impacts on the environment, at least in the close vicinity of the reefs. These impacts will partly stem from the construction and long-term presence of the structures as reefs and partly from their removal from use within the petroleum industry. This project aimed, at an early stage in the cessation process, to: identify factors that are a special environmental or socio-economic risk or benefit; identify impact reduction or optimisation technology; form part of the project plan presented to the authorities.

OSPAR and Norwegian national legislation contain provisions that allow for the creation of artificial reefs providing they do hinder other users and do not cause significant pollution. In order to achieve these requirements, adequate planning is needed and structures must be suitably cleaned of potentially toxic material.

Some limited impacts may realistically need to be accepted, providing that some compensatory benefits or improvements are likely to accrue. 39 environmental and socio-economic impacts, both positive and negative were identified. These were divided into the following sets of impacts relating to: exploitable fish stock (8); local biota (7); sediments (4); water column (2); energy and emissions (2); socio-economic (10); other (6). Not all impacts were necessarily relevant in all, or even any, cases. The likely severity of these impacts in general, and the potential for their reduction (negative impacts), or maximisation (positive impacts) was estimated. Techniques to accomplish this are summarised. Semi-quantitative impact severity scores for each defined possible impact were assigned to each of the 11 reef creation options. These were totalled for each option, which were then ranked according to various defined criteria.

From an environmental and ecological (including commercial fish stocks) perspective, the result of the analysis indicated that the use of such reefs for protection would seem to be a better option than use for commercial fishing. Differences in impacts between these two uses were though not great. An order of preference, from an environmental and socio-economic perspective, was proposed, based on the outcome of the analysis.

VALUTAZIONE DELL'IMPATTO AMBIENTALE DELL'EKOREEF - UN INSIEME DI PIATTAFORME DA UTILIZZARE COME BARRIERE ARTIFICIALI

La realizzazione di una o diverse barriere artificiali piuttosto grandi utilizzando strutture offshore di acciaio e in disuso è probabile che abbia un pronunciato impatto sull'ambiente, almeno nelle vicinanze delle barriere. Questi impatti derivano in parte dalla costruzione e dalla presenza da lungo tempo delle strutture come barriere e in parte dalla loro dismissione dall'utilizzo nell'industria petrolifera. Questo progetto mira, negli stadi iniziali del processo di dismissione, ad identificare i fattori che rappresentano rischi speciali dal punto di vista ambientale e socio-economico; ad identificare la riduzione dell'impatto o l'ottimizzazione delle tecnologie e costituisce una parte del piano progettuale presentato alle autorità.

OSPAR e la legislazione nazionale norvegese contengono norme che autorizzano la costruzione di barriere artificiali poichè esse ostacolano altri utilizzi e non provocano un inquinamento significativo. Per raggiungere questi requisiti, si è resa necessaria un'adeguata pianificazione e le strutture devono essere adeguatamente ripulite dai materiali potenzialmente tossici.

Alcuni limitati impatti possono essere realisticamente accettati, poichè è probabile che si verifichino alcuni benefici compensatori o miglioramenti. Sono stati identificati 39 impatti ambientali e socio-economici sia positivi che negativi. Questi sono stati divisi nei seguenti gruppi di impatti relativi a: stock di pesci sfruttabili (8); biota locale (7); sedimenti (4); colonna d'acqua (2); energia ed emissioni (2); socio-economici (10); altro (6). Non tutti gli impatti sono necessariamente rilevanti in tutti o in qualche caso. È stata valutata la probabile pericolosità di questi impatti in generale e il potenziale per la loro riduzione (impatti negativi) o magnificazione (impatti positivi). Sono riassunte le tecniche per realizzare ciò. Un punteggio semi-quantitativo della pericolosità dell'impatto è stato assegnato ad ogni possibile impatto definito delle 11 opzioni di barriera. Ne è stato fatto il totale per ogni opzione, i totali sono stati quindi classificati secondo vari criteri definiti.

In una prospettiva ambientale ed ecologica (compresi gli stock di pesci commerciali), i risultati delle analisi hanno indicato che l'utilizzo di queste barriere per la protezione sembra essere un'opzione migliore rispetto a quella per la pesca commerciale. La differenza negli impatti tra questi due utilizzi tuttavia è considerata non grande. Sulla base dei risultati delle analisi è stato proposto un ordine di preferenza da un punto di vista ambientale e socio-economico.

J.P. AABEL, S.J. CRIPPS*, J. HOVDA, T.G. JACOBSEN*

Dames & Moore, Kirkebakken 8, 4012 Stavanger, Norway.

Tel: +47 5189 0850, E-mail: jaabel@online.no

* Rogaland Research, PO Box 2503 Ullandhaug, N-4091 Stavanger, Norway.

OPTIMAL CONFIGURATION OF A LARGE - SCALE ARTIFICIAL REEF FROM DECOMMISSIONED OIL AND GAS PLATFORM JACKETS - A CASE STUDY

One of the options when creating an artificial reef from large petroleum industry platform jackets, is to cluster several jackets to form one or several designated artificial reef areas, as has been done in the Gulf of Mexico. Such a reef cluster can have an effective volume of over 1 million m³.

In creating large clustered artificial reefs, account must take of the optimal location as a function of, for example, currents, levels of contamination, the design of the structures themselves, the time they become available for incorporation, and the predefined use to which the reefs will be put.

A total of approximately 25 structures are potentially available at the Ekofisk field on the Norwegian sector of the North Sea. Three of the field cessation options are to create one or several artificial reefs in the area. This paper discusses the needs that have to be addressed prior to the construction and the parameters considered in the planning process. An evaluation of the different scenarios is included.

CONFIGURAZIONE OTTIMALE DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE SU LARGA SCALA COSTITUITA DI PILONI DI PIATTAFORME PER L'ESTRAZIONE DI GAS E PETROLIO DISMESSE: - STUDIO DI UN CASO

Una delle opzioni, quando si crea una barriera artificiale con piloni di piattaforme di estrazione di petrolio, è quella di raggruppare molti piloni per formare una o più aree stabilite di barriere artificiali, come è stato fatto nel Golfo del Messico. Un tale gruppo di barriere può avere un volume effettivo di oltre un milione di m³.

Nel creare grandi barriere artificiali raggruppate, si deve tenere conto della sistemazione ottimale in funzione di, ad esempio, correnti, livello di contaminazione, disegno delle strutture stesse, il momento in cui diventano disponibili per l'utilizzo e a quale fine sono state costruite le barriere.

Un totale di circa 25 strutture è potenzialmente disponibile al campo di Ekofisk, nel settore appartenente alla Norvegia del Mare del Nord. Tre delle opzioni di cessazione dello sfruttamento sono quelle di creare una o più barriere artificiali nella zona.

Questo lavoro analizza le necessità prioritarie che devono essere tenute presenti nella costruzione ed i parametri da considerare nel processo di pianificazione. È inclusa una valutazione delle diverse possibilità.

G. FABI, F. GRATI¹, A. LUCCHETTI¹, L. TROVARELLI²

Istituto di Ricerche sulla Pesca Marittima (IRPEM – CNR), Largo Fiera della Pesca - 60125 Ancona, Italy.

Tel: +39 071 207881, E-mail Fabi@irpem.an.cnr.it

¹ IRPEM – CNR, Largo Fiera della Pesca - 60125 Ancona, Italy.

² AGIP SRAV SpA, Via del Marchesato 13 - 48023 Marina di Ravenna, Italy.

EVOLUTION OF THE FISH ASSEMBLAGE AROUND A GAS PLATFORM IN THE NORTHERN ADRIATIC SEA

Inside a monitoring program commissioned by AGIP S.p.A to evaluate the environmental impact caused by the installation of a gas platform in the northern Adriatic sea, a fishing survey was carried out for about two years. The aim was to follow the effects of the structure on the fish assemblage of the original habitat.

The platform, named “Regina”, is located off Cattolica, at about 8 miles offshore, on a muddy seabed, 20m deep.

The survey started three months after the construction of the platform and is still in progress. Fishing samplings were carried out monthly through a monofilament trammel net (length: 500m; height: 3m; inner mesh size: 72mm; outer mesh size: 400mm) both at the area close to the platform (within a radius of about 50m) and at an open-sea control site located at about 3,5 miles south from the platform, on the same type of bottom and at the same depth. The net was lowered at dusk and pulled in at dawn, for an average set of about 12 hours.

All the fish, crustaceans and molluscs in catches were identified, measured, weighed and categorised as “attracted”, “partially attracted” and “not attracted” according to their behaviour towards the hard substrates.

No differences were evidenced in the total species richness and diversity between the catches obtained at the two sites during the first six months, even if a higher number of partially attracted species was recorded at the platform. On the contrary, in terms of overall catch yields, higher values were generally obtained at the platform, with an average ratio of 2:1. This difference was mainly due to the partially-attracted species *Trisopterus minutus capelanus* exclusively caught at this site.

In the following months, higher species richness and diversity were recorded at the “Regina” site in comparison with the control one, as a consequence of a higher occurrence of nekto-benthic and benthic fish attracted or partially attracted by hard substrates (i.e. *Umbrina cirrhosa*, *Diplodus* spp., *Scorpaena scrofa*). The highest catches of these species were also obtained at the platform. On the contrary, the mean catch rates of not attracted pelagic species, mainly represented by *Sardina pilchardus* and *Engraulis encrasicolus*, were more abundant at the control site. The same was also observed for some not attracted benthic species, such as *Trigla lucerna* and *Mullus barbatus*.

Analysis of catch data obtained for the different ecological categories also evidenced high differences during the year for nekto-benthic attracted or partially attracted fish, due to the seasonal migration towards the coastal waters of most of these species. The lowest catches for this group were recorded in summer.

EVOLUZIONE DELL'ASSOCIAZIONE DI PESCI ATTORNO AD UNA PIATTAFORMA PER L'ESTRAZIONE DI GAS NEL MARE ADRIATICO SETTENTRIONALE

Nell'ambito di un programma di monitoraggio commissionato dall'AGIP S.p.A per valutare l'impatto ambientale provocato dall'installazione di una piattaforma per l'estrazione di gas nel Mare Adriatico settentrionale, è stata condotta una campagna di pesca per circa due anni. Lo scopo era quello di seguire gli effetti della struttura sull'associazione di pesci dell'habitat originale.

La piattaforma, chiamata "Regina" è situata presso Cattolica, a circa 8 miglia dalla costa, su di un fondale fangoso a 20 m di profondità.

La campagna è cominciata tre mesi prima della costruzione della piattaforma ed è tuttora in atto. I campionamenti dei pesci sono stati effettuati mensilmente per mezzo di un tramaglio monofilamento (lunghezza 500 m; altezza 3 m; dimensione interna della maglia 72 mm; dimensione esterna della maglia 400 mm) sia presso l'area vicino alla piattaforma (con un raggio di circa 50 m) sia presso un sito di controllo in mare aperto situato circa 3,5 miglia a sud della piattaforma, sullo stesso tipo di fondale ed alla stessa profondità. La rete è stata calata al tramonto e ritirata all'alba, per una durata di circa 12 ore.

Tutti i pesci, crostacei e molluschi catturati sono stati identificati, misurati, pesati e classificati come "attratti", "parzialmente attratti" e "non attratti" a seconda del loro comportamento nei confronti dei substrati duri.

Non sono state evidenziate differenze nella ricchezza totale in specie e nella diversità tra le catture ottenute nei due siti durante i primi sei mesi, anche se un più alto numero di specie parzialmente attratte è stato registrato presso la piattaforma. Al contrario, in termini di rendimento totale di catture, i valori più elevati sono stati generalmente ottenuti presso la piattaforma, con un tasso medio di 2:1. Questa differenza è fondamentalmente dovuta alla specie parzialmente attratta *Trisopterus minutus capellanus*, catturato esclusivamente in questo sito.

Nei mesi successivi, la più alta ricchezza in specie e diversità è stata registrata presso il sito "Regina", in confronto con il sito di controllo, come conseguenza di una più elevata frequenza di pesci necto-bentonici e bentonici attratti o parzialmente attratti dai substrati duri (ad esempio *Umbrina cirrhosa*, *Diplodus* spp., *Scorpaena scrofa*). Anche le catture più elevate di queste specie sono state ottenute presso la piattaforma. Al contrario, il tasso medio di catture di specie pelagiche non attratte, rappresentate soprattutto da *Sardina pilchardus* ed *Engraulis encrasicolus*, è stato più elevato presso il sito di controllo. Lo stesso è stato osservato per alcune specie bentoniche non attratte, come *Trigla lucerna* e *Mullus barbatus*.

L'analisi dei dati di cattura ottenuti per le diverse categorie ecologiche ha anche evidenziato elevate differenze nel corso dell'anno per pesci necto-bentonici e bentonici parzialmente attratti, dovute alle migrazioni stagionali verso le acque costiere della maggior parte di queste specie. Le catture più basse per queste specie sono state registrate in estate.

M. PONTI, M. ABBIATI, V.U. CECCHERELLI

Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali di Ravenna (C.I.R.S.A.), Università di Bologna,
Via Tombesi Dall'Ova 55 - 48100 Ravenna, Italy. Tel/fax: +39 0544 213831, E-mail: ponti@ambra.unibo.it

DRILLING-PLATFORM WRECKS AS ARTIFICIAL REEFS: PRELIMINARY DESCRIPTION OF MACROBENTHIC ASSEMBLAGES OF THE "PAGURO" (NORTHERN ADRIATIC)

The worldwide increase of offshore structures has stirred interest into the problem of their removal at the end of the productive cycle. One of the proposed possibilities is to dismantle these structures and re-use them as artificial reefs. Nevertheless, the consequences on benthic assemblages are still little known. The wreck of the "Paguro" drilling platform that sank in the northern Adriatic Sea in 1965 offers a good opportunity to study performance of offshore structures as artificial reefs in a region where this solution has not been explored before. This study provides a preliminary quantitative description of the macrobenthic assemblages colonizing the "Paguro" wreck.

In August-September 1994, three replicate samples of 20×20 cm were collected along two vertical surfaces of the wreck at two different depths by scraping off all organisms. Five vertical transects were sampled by photography using a Nikonos V camera equipped with 20 mm lens. Data were analysed by means of univariate and multivariate techniques.

A total of 53 *taxa* were found in destructive samples. Species typical of subtidal Mediterranean hard bottom assemblages occurred associated to other species that normally populate various types of soft substrata. Most abundant species included sponges, anthozoas (e.g. *Epizoanthus* sp.), and various species of polychaetes, sipunculida, decapods, isopods, amphipods, the barnacle *Balanus trigonus* and the common brittle star *Ophiothrix fragilis*.

Photographic samples showed the existence of a vertical pattern of distribution. Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) quantitatively dominated areas between 8 and 13 m in depth, while oysters (prevalently *Crassostrea gigas*) were very abundant between 13 m and the bottom. The vertical pattern observed varied among surfaces with a different orientation.

These results indicate that the wreck is colonised by a rich and diversified assemblage, which is largely variable across space. They also suggest an important role of hydrodynamic conditions in influencing its structure. Further studies, including comparisons with other natural and artificial hard substrata, are necessary to better understand the potential importance of the use of offshore platforms as artificial reefs.

**UTILIZZO DELLE PIATTAFORME DI PERFORAZIONE COME
BARRIERE ARTIFICIALI: DESCRIZIONE PRELIMINARE DEI
POPOLAMENTI MACROBENTONICI DEL "PAGURO"
(ADRIATICO SETTENTRIONALE)**

Lo sviluppo in tutto il mondo delle attività offshore ha posto il problema della rimozione delle strutture alla fine del loro ciclo produttivo. Una delle possibilità proposte è quella di smantellare queste strutture e di riutilizzarle come barriere artificiali. Nonostante l'interesse suscitato, le conoscenze sui popolamenti bentonici che le possono colonizzare sono ancora poco note. Il naufragio del "Paguro", affondato a causa di un incidente nel 1965 nell'Adriatico settentrionale, offre una buona opportunità per studiare i problemi connessi con l'affondamento di strutture offshore in un'area ove questa soluzione non è mai stata adottata. Questo studio fornisce una descrizione quantitativa preliminare dei popolamenti macrobentonici che colonizzano il relitto del "Paguro".

Tra agosto e settembre del 1994, sono stati raccolti tre campioni di 20×20 cm raccogliendo gli organismi lungo due pareti verticali del relitto e a due profondità diverse. Sono stati inoltre eseguiti cinque transetti fotografici verticali utilizzando una fotocamera Nikonos V equipaggiata con un obiettivo da 20 mm. I dati sono stati analizzati mediante tecniche statistiche univariate e multivariate.

Nei campioni distruttivi sono stati complessivamente rinvenuti 53 *taxa*. Specie tipiche dei fondi duri subtidali del Mediterraneo sono state rinvenute associate a specie che normalmente popolano vari tipi di substrati mobili. Le specie più abbondanti comprendono spugne, antozoi (ad esempio *Epizoanthus* sp.) e diverse specie di policheti, sipunculidi, decapodi, isopodi, anfipodi, il balanide *Balanus trigonus* e l'ofiuira *Ophiothrix fragilis*.

I campioni fotografici mostrarono l'esistenza di uno schema verticale di distribuzione degli organismi. I mitili (*Mytilus galloprovincialis*) dominano quantitativamente le aree tra 8 e 13 m di profondità, mentre le ostriche (prevalentemente *Crassostrea gigas*) sono abbondanti tra 13 m ed il fondo. L'andamento verticale osservato varia tra le superfici con un orientamento diverso.

I risultati indicano come questi popolamenti ricchi e diversificati siano molto variabili nello spazio suggerendo un ruolo importante delle condizioni idrodinamiche nell'influenzare la struttura dei popolamenti. Ulteriori studi, compresi confronti con altri substrati duri naturali e quelli artificiali, sono necessari per capire meglio l'importanza potenziale dell'uso di piattaforme offshore come barriere artificiali.

C.A.P. ANDRADE

Direcção Regional de Pescas, Governo Regional da Madeira, 9000 Funchal, Portugal.
Tel: 091 203200, E-mail: capndrade@hotmail.com

THE WILD FISHERIES ENHANCEMENT POTENCIAL OF FISH FARMS AND ARTIFICIAL REEFS: A CASE STUDY IN MADEIRA ISLAND, NORTH EASTERN ATLANTIC

A 3 year sampling programme was conducted at an artificial reef and an offshore fish farm to compare the fish community structure with a nearby natural reef and a sandy bottom area in the Baía de Abra, Madeira Island (North Eastern Atlantic).

Single-point visual census of fish was used to identify the fish species and to estimate the number of individuals and total length.

Species diversity was high at the natural reef with a typical association of rocky bottom species (*Chromis chromis*, *Diplodus* spp.). In contrast, the sandy bottom area showed poor diversity and abundance.

The biggest specimens were registered at the artificial reef. The more common species were *Diplodus sargus*, *Sparisoma cretense* and *Serranus atricauda*. Larvae and juvenile stages were frequently found. This habitat provides shelter and a spawning/nursery ground for these species.

Fish abundance was greatest by the fish cage. The fish assemblage was dominated by two midwater mobile species *Boops boops* and *Pseudocaranx dentex*. Underneath the cage the bottom habitat was dominated by *Mullus surmuletus*. By aggregating the fish and providing food resources the cage farm may increase the harvestable fishing resources of the bay.

The visual assessment carried out in this paper shows a markedly difference in fish community structure (in terms of species composition, abundance and fish size) between artificial and natural habitats, mainly associated with the degree of shelter-habitat and food resources provided. This stresses the importance of defining the physical and biological criteria to take into account for the design and construction of fish aggregation devices.

POTENZIALE DI INCREMENTO DELLA PESCA DA PARTE DEGLI ALLEVAMENTI DI PESCI E DELLE BARRIERE ARTIFICIALI: UNO STUDIO PILOTA PRESSO L'ISOLA DI MADERA, ATLANTICO NORD-ORIENTALE

È stato condotto un programma di campionamento di tre anni presso una barriera artificiale e presso un allevamento al largo di pesci per confrontare la struttura della comunità di pesci con quella di una vicina barriera naturale e di un'area a fondo sabbioso nella Baia di Abra, Isola di Madera (Atlantico Nord-Orientale).

È stato utilizzato il censimento visivo a punto fisso per identificare le specie di pesci e per valutare il numero di individui e la lunghezza totale.

La diversità di specie era elevata presso la barriera naturale con una associazione

tipica di specie da fondo roccioso (*Chromis chromis*, *Diplodus* spp.). Al contrario, sull'area a fondo sabbioso sono state rilevate basse diversità e abbondanza.

Gli individui di taglia più grande sono stati rinvenuti presso la barriera artificiale. Le specie più comuni erano *Diplodus sargus*, *Sparisoma cretense* e *Serranus atricauda*. Sono stati trovati frequentemente gli stadi larvali e giovanili. Questo habitat fornisce un riparo e un sito di riproduzione/nursery per queste specie.

L'abbondanza di pesci era maggiore presso le gabbie. L'associazione di pesci era dominata da due specie demersali mobili: *Boops boops* e *Pseudocaranx dentex*. Al di sotto della gabbia, l'habitat del fondo era dominato da *Mullus surmuletus*. Tramite il richiamo dei pesci e la fornitura di risorse alimentari, le gabbie dell'allevamento possono aumentare la produzione di risorse da pesca della baia.

La valutazione visiva condotta in questo lavoro mostra una marcata differenza nella struttura della comunità dei pesci (in termini di composizione in specie, abbondanza e taglia) tra un habitat artificiale e uno naturale, principalmente associata con la quantità di rifugi/habitat e risorse alimentari fornite. Ciò sottolinea l'importanza di definire i criteri fisici e biologici da tenere presenti per la progettazione e la costruzione di sistemi per l'aggregazione dei pesci.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 225-226

K.K.Y. LAM

Swire Institute of Marine Science and Department of Ecology and Biodiversity,
University of Hong Kong, Cape d'Aguilar, Shek O, Hong Kong.
Tel: 852/ 28092179, E-mail: kkyl@graduate.hku.hk.

THE FEASIBILITY OF DEPLOYING PFA-CONCRETE ARTIFICIAL REEF FOR CORAL REEF RESTORATION: A HONG KONG CASE STUDY

An experimental artificial reef was deployed in December 1993 at Hoi Ha Wan Marine Park, Hong Kong. This study documents the first record of natural scleractinian coral recruitment onto a stabilised PFA (pulverised fuel ash)-concrete artificial reef, established with the aim of restoring a coral community. The modules of the reef were made of 50% PFA-concrete. Four types of test blocks with different PFA-concrete compositions, i.e., 0%, 25%, 50% and 75% PFA, were placed on the reef. Visible recruits were first recorded 9-10 months after placement of the reef blocks, i.e., in the autumn of 1994. Despite the diversity of adjacent corals in the marine park, only two, i.e., *Oulastrea crispata* (Faviidae) and *Culicia japonica* (Rhizangiidae) were recruited in three years. Other faviids, i.e., *Favia abdita* and *Platygyra sinensis*, and a soft coral had colonised the reef six years after deployment. Recruit density of *O. crispata* was the greatest for all corals. The spatial recruitment pattern of the corals was observed to be affected by the orientation of the attaching surface. *O. crispata* settled predominantly on the undersides of the reef blocks. Other faviids preferred inclined surfaces. This can be attributed to physical factors such as sedimentation and biological interactions with grazing fish, sea urchins and crabs and competition with other sessile invertebrates. *C. japonica*, however, had a preference for exposed surfaces. *O. crispata* did not show

a preference for block type whereas *C. japonica* favoured blocks with high (75% by volume) PFA levels. Growth of newly recruited *O. crispata* was the same on all block types. A coral transplantation experiment was also conducted to determine the effect of substratum PFA content on coral growth. Four common scleractinians in Hong Kong, i.e., *Acropora candelabrum*, *Acropora tumida*, *Platygyra sinensis* and *Favites abdita*, did not show a significant difference in growth rate on the four block types. PFA-concrete is, thus, concluded to be a suitable substratum for artificial reef construction, especially when such structures aim at rehabilitating corals, both by natural recruitment and manual transplantation.

LA POSSIBILITA' DI IMMERGERE BARRIERE ARTIFICIALI IN CALCESTRUZZO-PFA PER IL RECUPERO DELLE BARRIERE CORALLINE: UNO STUDIO PILOTA AD HONG KONG

Nel dicembre 1993 è stata immersa una barriera artificiale sperimentale nel Parco Marino di Hoi Ha Wan, Hong Kong. Questo lavoro riporta il primo dato di reclutamento naturale di una sclerattinia su di una barriera artificiale di calcestruzzo-PFA (ceneri di idrocarburi), immersa allo scopo di recuperare una comunità di coralli. I moduli della barriera erano composti da calcestruzzo-PFA per il 50%. Quattro tipi di blocchi sperimentali, con diversa composizione calcestruzzo-PFA, cioè 0%, 25%, 50% e 75% di PFA, sono stati sistemati sulla barriera. Le prime reclute visibili sono state registrate 9 – 10 mesi dopo il posizionamento dei blocchi di barriera, cioè nell'autunno 1994. Nonostante la diversità dei coralli nell'adiacente parco marino, solo due, cioè *Oulastrea crespata* (Faviidae) e *Culicia japonica* (Rhizangiidae), hanno avuto un reclutamento in tre anni. Altri Faviidae, come *Favia abdita* e *Platygyra sinensis* e un corallo molle hanno colonizzato la barriera sei anni dopo l'immersione. La densità di reclutamento di *O. crespata* era la più alta fra tutti i coralli. È stato notato come il comportamento spaziale del reclutamento dei coralli sia condizionato dall'orientamento della superficie di adesione. *O. crespata* si insedia prevalentemente sulla parte inferiore dei blocchi. Altri faviidi preferiscono le superfici inclinate. Ciò può essere attribuito a fattori fisici quali la sedimentazione, le interazioni biologiche con i pesci brucatori, i ricci di mare e i granchi e la competizione con altri invertebrati sessili. *C. japonica*, tuttavia, ha una preferenza per le superfici esposte. *O. crespata* non dimostra una preferenza per il tipo di blocco, mentre *C. japonica* preferisce i blocchi con elevato livello di PFA (75% del volume). La crescita delle nuove reclute era la stessa su tutti i tipi di blocco. È stato inoltre intrapreso un esperimento di trapianto per determinare l'effetto del substrato PFA sulla crescita dei coralli. Quattro sclerattine comuni in Hong Kong, cioè *Acropora candelabrum*, *Acropora tumida*, *Platygyra sinensis* e nell'*Favites abdita*, non hanno mostrato differenze significative nel tasso di crescita sui quattro tipi di blocchi. Si è perciò concluso che il calcestruzzo-PFA è un substrato utilizzabile per la costruzione di barriere artificiali, specialmente quando queste strutture mirano al recupero dei coralli, sia per reclutamento naturale sia per trapianto manuale.

D.L. ANGEL, E. SPANIER*

Israel Oceanographic & Limnological Research, National Center for Mariculture, P.O.B. 1212 - Eilat 88112,
Israel. Tel: 07 6361440, E-mail: angel@agri.huji.ac.i

* The Leon Recanati Center for Maritime Studies and Department of Maritime Civilizations, University of Haifa,
Mount Carmel - Haifa 31905, Israel.

THE POTENTIAL OF ARTIFICIAL REEFS TO REDUCE ORGANIC ENRICHMENT CAUSED BY COMMERCIAL NET CAGE FISH FARMING IN THE GULF OF AQABA (EILAT)

The demand for marine finfish, both within Israel and globally, has increased steadily during recent years and initiated a dramatic increase in the number of new fish farms that have been established in coastal waters throughout the world. One of the main concerns regarding these (predominantly net-cage fish) farms is their impact on the marine environment. During the fish rearing process, both dissolved and particulate compounds are released from the cages. The released dissolved matter may lead to eutrophication in sites with poor water circulation, but this generally does not occur since most farm sites are carefully selected to ensure good water quality. Below the cages, particulate organic matter consisting of uneaten food and the excreta of the cultured fish, often accumulates in the sediments. Bacterial decomposition of the organic matter may lead to anoxia and high levels of hydrogen sulfide in the sediments. Such geochemical changes usually result in a substantial alteration in the composition of benthic communities below the fish farms. We have observed these sorts of environmental impacts beneath fish cage in the northern Gulf of Aqaba (Eilat), Red Sea, Israel.

Whereas the natural benthic community has been drastically altered below the fish farms, there is a large community of opportunistic invertebrates and fish that thrives on the particles falling from above. This community of suspension and plankton feeders requires surfaces for attachment or shelter and this is a limiting factor below the fish farm. We propose to enhance and stimulate the community of biota that is associated with the fish cages by placing "cross-hatch" artificial reefs (constructed from non-toxic recycled plastic), with large surface area, below the farm. By utilizing and decomposing the falling particulate matter, the organisms settled and attracted to the artificial reef should drastically reduce the organic loading to the seafloor. The deployment of such a reef is planned for March 1999 and preliminary results from this study will be presented.

LA CAPACITA' DELLE BARRIERE ARTIFICIALI DI RIDURRE L'ARRICCHIMENTO ORGANICO CAUSATO DALL'ALLEVAMENTO COMMERCIALE DI PESCI IN GABBIE MUNITE DI RETI NEL GOLFO DI AQABA (EILAT)

La richiesta di teleostei marini, sia all'interno di Israele sia globalmente, è costantemente aumentata negli ultimi anni e ha dato inizio ad un drammatico aumento dei nuovi allevamenti di pesci che sono stati realizzati nelle acque costiere di tutto il mondo. Una

delle principali preoccupazioni riguardo a questi allevamenti (prevalentemente gabbie di reti per pesci) è il loro impatto sull'ambiente marino. Durante l'allevamento dei pesci, composti sia particolati sia disciolti sono rilasciati dalle gabbie. La materia disciolta rilasciata può condurre all'eutrofizzazione nelle zone con scarsa circolazione d'acqua, ma questo generalmente non accade poiché la maggior parte dei siti per i vivai sono accuratamente selezionati per assicurare una buona qualità dell'acqua. Sotto alle gabbie, la materia organica particolata, dovuta al cibo non ingerito e agli escrementi dei pesci allevati, si accumula nei sedimenti. La degradazione batterica della materia organica può portare all'anossia e ad alti livelli di acido solfidrico nei sedimenti. Questi tipi di modificazioni geochimiche solitamente portano ad una sostanziale alterazione nella composizione delle comunità bentoniche sotto i vivai di pesci. Abbiamo osservato questi tipi di impatti ambientali al di sotto delle gabbie di pesci nel Golfo di Aqaba settentrionale (Eilat), Mar Rosso, Israele. Laddove la comunità bentonica naturale è stata drasticamente alterata al di sotto degli allevamenti di pesci, si trova una vasta comunità di invertebrati opportunisti e pesci che prosperano a spese delle particelle cadute dall'alto. Questa comunità di sospensivori e planctofagi richiede una superficie su cui aderire o rifugiarsi, e questo è un fattore limitante al di sotto degli allevamenti.

Abbiamo proposto di aumentare e stimolare la comunità biotica associata alle gabbie dei pesci sistemando barriere artificiali a trama incrociata (fatte di plastica riciclata non tossica), con una grande superficie, al di sotto degli allevamenti. Utilizzando e decomponendo la materia organica che cade, gli organismi insediatisi e attratti dalla barriera artificiale possono drasticamente ridurre l'apporto organico sul fondo marino.

La sistemazione di questo tipo di barriere è iniziato nel marzo 1999, vengono presentati i risultati preliminari di questo studio.

H. PICKERING

Centre for the Economics and Management of Aquatic Resources, University of Portsmouth, Locksway Road, Southsea, Hampshire - PO4 8JF, United Kingdom. Tel: +44 (0)1705 844086, E-mail: helen.pickering@port.ac.uk

MARINE RANCHING IN COMBINATION WITH ARTIFICIAL REEFS: A LEGAL PERSPECTIVE

The paper addresses the legal issues associated with the use of artificial reefs in conjunction with marine ranching operations, a new and upcoming activity in the marine environment. Marine ranching has been proposed as a means of addressing many of the shortcomings of traditional capture fisheries and intensive aquaculture. It utilises many of the well proven methods for fish production and proposes to integrate them in such a way that localised long term bio-diversity can be maintained and/or enhanced. The concept relies on the release of hatchery-reared fish into an enhanced habitat within inshore waters where they are encouraged to remain and grow-on by using natural species characteristics and artificial aids. Prominent among the artificial aids used and proposed are artificial reefs and FADs. Supplementary feeding and the conditioning of fish to respond to positive or negative signals (for example, acoustic signals or electrical barriers) are further aids. Once mature, the fish are then recaptured by traditional fishing methods.

At the present time, dedicated legal frameworks for marine ranching are lacking in many parts of the world, including Europe, which raises particular questions as to the whether and in what form marine ranching can take place. International experience demonstrates that there are three potential models of marine ranching operations. These are defined by: (a) the source of finance, (b) the identified beneficiaries and (c) traditional rights regime and take the form of: (1) publicly funded and publicly exploited projects; (2) privately funded and privately exploited projects; and (3) some combination of the two within the framework of a co-operative. In the vast majority of ranching operations to-date the first of these models has been adopted. There are very few examples where the other two models have been successfully achieved, largely due to the constraining influence and inflexibility of existing legal frameworks.

Using Europe as a case study and drawing on international experience, the paper will discuss the three categories of legal issues which are crucial to determining the viability of each of these models: ownership and exploitation rights, operational requirements and development controls. The paper will reveal that the move from experimental to commercial marine ranching operations, whether using artificial reefs or not, faces a number of significant hurdles. It will also demonstrate that the use of artificial reefs in this application can be a significant complicating factor. More positively, however, the paper will also indicate a number of useful legal precedents (national and international) which represent the building blocks for the future.

L'ALLEVAMENTO MARINO IN COMBINAZIONE CON LE BARRIERE ARTIFICIALI: UNA PROSPETTIVA LEGALE

Il lavoro tratta delle questioni legali associate all'utilizzo delle barriere artificiali abbinate alla formazione di fattorie marine o allevamento, una nuova e emergente attività nell'ambiente marino. L'allevamento marino è stato proposto come uno strumento per superare le insufficienze della pesca tradizionale e dell'acquacoltura intensiva.

Esso utilizza molti dei metodi ben sperimentati per la produzione di pesci e propone di integrarli in maniera che la biodiversità locale sia mantenuta a lungo termine e/o migliorata. Il sistema si basa sul rilascio di pesci di avannotti in un habitat idoneo in acque costiere dove siano incoraggiati a rimanere e accrescersi, utilizzando le caratteristiche delle specie naturali ed interventi artificiali. Tra questi ultimi prevalgono le barriere artificiali e i FAD. Il nutrimento supplementare e il condizionamento dei pesci a rispondere a segnali positivi o negativi (ad esempio segnali acustici o barriere elettriche) sono ulteriori facilitazioni. Una volta maturi, i pesci vengono ricatturati tramite metodi di pesca tradizionale.

Allo stato attuale, non vi sono appositi riferimenti normativi per l'allevamento marino in molte parti del mondo, compresa l'Europa, fatto che ha sollevato molte questioni quali ad esempio se e in che modo l'allevamento marino possa svilupparsi.

L'esperienza internazionale dimostra che ci sono tre potenziali modelli per le attività di allevamento marino. Queste sono definiti da: (a) la fonte di finanziamento, (b) i beneficiari identificati e (c) il regime dei diritti tradizionali; e possono essere in forma di (1) progetti finanziati e sviluppati da enti pubblici, (2) progetti finanziati e sviluppati da privati e (3) combinazioni varie delle due precedenti ipotesi all'interno di una cooperativa. Attualmente nella stragrande maggioranza delle operazioni di allevamento, è stato adottato il primo di questi tre modelli. Ci sono davvero pochi esempi nei quali gli altri due modelli sono stati adottati con successo, il che è in gran parte dovuto alla scarsa flessibilità ed adattabilità del quadro normativo esistente.

Utilizzando l'Europa come uno studio pilota e basandosi sull'esperienza internazionale, il lavoro tratterà le tre categorie di questioni legali che sono determinanti per il successo di ognuno dei tre modelli: i diritti di appartenenza e sfruttamento, le necessità operative e il controllo dello sviluppo. Il lavoro rivelerà che il passaggio dall'allevamento marino sperimentale a quello commerciale, utilizzando o meno barriere artificiali, è pieno di molti ed importanti ostacoli. Vuole inoltre dimostrare che l'utilizzo di barriere artificiali in questo contesto può essere un fattore di complicazione significativo. Più positivamente, comunque, il lavoro indicherà anche un certo numero di utili precedenti legali (nazionali ed internazionali) che rappresentano la base del lavoro futuro.

N. TAKAGI, A. MORIGUTI, Y. OHMURA, K. NAGANO¹, T. HASUO¹, Y. IIDA¹, T. TERAJIMA¹,
K. MIKI², M. TANIYAMA², M. TAZUKA², K. KIMURA³, K. ARAI⁴, T. YOKOYAMA⁴

National Research Institute of Fisheries Engineering, Fisheries Agency

¹ Nakayama Steel Works, Ltd

² Nippon Steel Metal Products Co.,Ltd

³ Kowa Co.,Ltd

⁴ Coastal Consultants Co.,Ltd

DEVELOPMENT OF LARGE-SCALE-HIGH-RISE REEF AND ITS EFFECTS

This paper describes a large-scale high-rise fish-breeding reef which was built by us to develop an offshore fishing ground in deeper water and the effect obtained from this reef.

The reef developed by us is the world's largest artificial reef of 35 m in height and 4,000 cubic meters in volume. This reef is located in the neighborhood of the natural reef (Ohse Reef) which is at a distance of 20 km off Nezugaseki, Yamagata Prefecture, in the northern part of the Sea of Japan and known as an excellent fishing ground for red sea bream.

During the test which was started in May 1995, the species and quantities of gathering fishes and their body length distribution by species have been investigated by diving and fishing. As a result, we have observed a phenomenon which does not occur at the neighboring natural reef. Namely, a large number of golden eye rockfish gather and stay there for a long time. This phenomenon has been continuing for five years since 1996. As the number of gathering rock fish is increasing, the catch of rock fish has been raised year after year. This has increased the importance of golden eye rockfish as a fish of good-catch.

The results obtained from our investigation are described in detail in the paper submitted separately.

COSTRUZIONE DI UNA BARRIERA AMPIA E ALTA E SUOI EFFETTI

Questo lavoro descrive una barriera molto ampia ed alta mirata alla riproduzione dei pesci che è stata da noi costruita per sviluppare una zona di pesca del largo in acque profonde e descrive gli effetti scaturiti da questa barriera.

La barriera da noi realizzata è la più grande barriera artificiale del mondo, alta 35 m e con un volume di 4.000 metri cubi. Questa barriera è situata nelle vicinanze di una scogliera naturale (Ohse Reef), che si trova a 20 km al largo di Nezugaseki, prefettura di Yamagata, nella parte settentrionale del Mare del Giappone e conosciuta come un'eccezionale zona di pesca per l'abramide rosso di mare.

Durante lo studio che è iniziato nel maggio 1995, le specie e le quantità dei pesci riuniti attorno alla barriera e la distribuzione delle loro lunghezze per specie sono state analizzate per mezzo di immersioni e di pescate. Un risultato è stata l'osservazione di un fenomeno che non si verificava nella vicina barriera naturale. Precisamente, un gran numero di scorfani occhio dorato si sono raggruppati e sono rimasti in zona per un lungo periodo. Questo fenomeno è continuato per cinque anni a partire dal 1996.

Poiché il numero degli scorfani che si riunivano aumentava, è aumentata anche, anno dopo anno, la cattura degli scorfani. Ciò ha aumentato l'importanza dello scorfano occhio dorato come componente di una buona pescata.

I risultati ottenuti dai nostri studi sono descritti in dettaglio nel lavoro presentato.

S. OTAKE, Y. UEKITA, M. NAKAMURA, J. OKUNO, M. SETO¹, T. KANEKO²

Laboratory of Environmental Engineering, Fukui Prefectural University, Obama - Fukui, 9170003, Japan.
Tel: 81/770/52/6300, E-mail: otakes@fpu.ac.jp

¹ Hokkaido Central Fisheries Experimental Station - Yoiti, Hokkaido, Japan.

² Kokusai Kogyo Co.ltd. - Fukuoka, Japan.

A STUDY OF SETTLEMENT LOCATION OF FISHERY GROUNDS WITH ARTIFICIAL FISH REEFS BY INTERNAL WAVES

Internal waves occur at the interface between light upper water and heavy lower water, and run up on the continental shelf. Through a series of observations, we previously showed that fish schools move along the runup orientation of interfacial waves, and demonstrated the influence of internal waves on fish path formation. It is desirable that fishery grounds with artificial reefs be arranged on fish ways.

In creating new offshore fishery grounds, it is therefore effective to characterize internal waves. In the Japan Sea, the Tsushima Warm Current flows in the upper layer, with intrinsic cold water masses occurring stably in the lower layer. Bearing in mind that internal waves develop at this interface, we conducted hydraulic model experiments and in situ observations. The experiments, in which the height and direction of internal waves were measured using a rotary water tank in consideration of the effect of the Coriolis force, demonstrated that internal waves are formed in the presence of a strait current dominated by tide. The *in situ* observation, made offshore of Hokkaido in the Japan Sea in 1997, agreed with the experimental data.

In 1998, we analyzed water flows and water mass characteristics in both the upper and lower layers at the edge of continental shelf, at a depth of 200m in Wakasa Bay.

On the basis of spectral data and continuous conditions, wave height and period of interfacial waves were determined to be several tens of meters and 5 to 15 days, respectively, with a tidal wave frequency of 12 to 24 hours. The direction of waves with such tidal cycle was successfully estimated from the phase difference from the observation point, and agreed with the direction of waves calculated for interfacial waves.

STUDIO DEL SITO DI INSEDIAMENTO DEI CAMPI DI PESCA CON BARRIERE ARTIFICIALI PER I PESCI CON ONDE INTERNE

Le onde interne si trovano all'interfaccia tra le acque superiori leggere e le acque sottostanti pesanti e si dirigono verso l'alto sulla piattaforma continentale. Attraverso una serie di osservazioni, abbiamo precedentemente mostrato che banchi di pesci si muovono lungo l'andamento delle acque di interfaccia, e abbiamo dimostrato l'influenza delle acque interne sulla formazione delle traiettorie dei pesci. E' consigliabile che i campi di pesca con barriere artificiali siano sistemati lungo i percorsi dei pesci.

Nella creazione di nuovi campi di pesca al largo, è perciò efficace caratterizzare le acque interne. Nel Mare del Giappone, la Corrente Calda di Tsushima scorre nello strato superiore, con masse intrinseche di acqua fredda presenti stabilmente nello

strato inferiore. Ricordando che le acque interne si sviluppano presso questa interfaccia, abbiamo condotto esperimenti su modelli idraulici e osservazioni *in situ*. Gli esperimenti, nei quali l'altezza e la direzione delle acque interne sono state misurate mediante un serbatoio rotante d'acqua, tenendo presente l'effetto della forza di Corioli, hanno dimostrato che le acque interne si formano in presenza di una stretta corrente dominata dalle maree.

Le osservazioni *in situ*, condotte al largo di Hokkaido nel Mare del Giappone nel 1997, sono in accordo con i dati sperimentali.

Nel 1998 abbiamo analizzato i flussi d'acqua e le caratteristiche della massa d'acqua sia nello strato superiore sia in quello inferiore alla sommità della piattaforma continentale, ad una profondità di 200m nella Baia di Wakasa. Sulla base dei dati spettrali e delle condizioni continue, l'altezza dell'onda e il periodo delle onde interfacciali è stato determinato come decine di metri e da 5 a 15 gironi rispettivamente, con una frequenza di onda di marea di 12 o 24 ore. La direzione delle onde con un simile ciclo di marea è stato valutato con successo dalla differenza di fase dal punto di osservazione, e si accorda con la direzione delle onde calcolata per le onde interfacciali.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume "Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats": 505 - 515.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 233-234

Y. MATSUBARA, N. HIDEAKI

Tottori University, Tottori, 680-0945, Japan.
Tel: 81857-31-5299, E-mail: matubara@cv.tottori-u.ac.jp

SIMULATION MODEL OF FISH BEHAVIOR AROUND ARTIFICIAL FISH AGGREGATION DEVICES (FAD)

There has been few research on rheotaxis of marine fish as the influence of current on the behavior of them seems to be negligible in the ocean. The recent research shows that the distribution of marine fish around the artificial reef has a strong relation with ocean current as tidal current. In this study a simulation model is proposed for describing the rheotaxitic behavior of fish around FAD and the simulation results are compared with the observational data in laboratory tank tests.

The proposed model is one of the autoregressive type simulation model. It assumes that FAD has attractive force for fish and that the tank wall repels fish like tank bottom. Also the movement of the fish in the model is decomposed into two components. One is the behavior of the fish and another is the variation of the school size. In experiments the swimming behavior of fish around FAD model were recorded by video camera in an octagonal water tank and in uni-directional flow channel. Fish selected for the experiments were gold fish, red sea bream, parrot fish and horse mackerel. The fish movement data were analyzed by video-analyzing system. The parameters included in the model were determined by applying the least square method from observational data.

The validity of the model was confirmed from the fact that swimming trajectory of fish around the FAD was similar to that in the experiments. From the experiments the character of gathering behavior forward FAD on the bottom of the channel was the most remarkable both in current condition and no-current condition. Present model results show good agreements with laboratory tests. Furthermore by examining a simulation result, the schooling mechanism of fish behavior around FAD could be explained by appropriate functional form of the interactive force of FAD, those between fish, and repulsive force of walls.

MODELLO DI SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEI PESCI ATTORNO AD UN DISPOSITIVO PER L'AGGREGAZIONE DEI PESCI (FAD) ARTIFICIALE

Ci sono state poche ricerche sulla reotassi dei pesci marini e come l'influenza della corrente sul loro comportamento sembri essere trascurabile nell'oceano. Le ricerche recenti mostrano che la distribuzione dei pesci attorno ad una barriera artificiale è fortemente correlata alla corrente dell'oceano intesa come corrente di marea. In questo studio è stato proposto un modello di simulazione per descrivere il comportamento reotassico dei pesci attorno ad un FAD e i risultati della simulazione sono confrontati con i dati osservati durante i test eseguiti nelle vasche di laboratorio.

Il modello proposto è uno dei tipi di modello di simulazione autoregressivo. Esso assume che il FAD abbia una forza attrattiva per i pesci e che le pareti delle vasche respingano i pesci come i fondi. Anche i movimenti dei pesci nel modello è scomposto in due componenti. Una è il comportamento dei pesci e l'altra è la variazione della taglia dello sciame. Negli esperimenti il tipo di nuoto dei pesci attorno al modello del FAD è stato registrato con una videocamera in vasche ottagonali e in un canale di flusso unidirezionale. I pesci selezionati per l'esperimento erano pesci rossi, abramidi rossi, pesci pappagallo e sugarelli. I dati sul movimento dei pesci sono stati analizzati per mezzo di un sistema di video-analisi. I parametri inclusi nel modello sono stati determinati applicando il metodo del minimo quadrato sui dati d'osservazione.

La validità del modello è stata confermata dal fatto che la traiettoria del nuoto dei pesci attorno al FAD era simile a quella negli esperimenti. Dagli esperimenti il carattere del comportamento aggregativo verso il FAD sul fondo del canale è stato il più notevole sia in condizioni di corrente sia in condizioni di corrente assente. I risultati del presente modello mostrano un buon accordo con i test di laboratorio. Inoltre, esaminando i risultati di una simulazione, il meccanismo di formazione del branco nel comportamento dei pesci attorno al FAD può essere spiegato come un'appropriata forma funzionale della forza interattiva del FAD, quella tra i pesci, e la forza repulsiva delle pareti.

K. HOTTA, T. SUZUKI¹, N.T. AN¹, B.H. LONG²

Nihon University College of Science and Technology, Department
of Oceanic Architecture and Engineering, Chiba 2748501 Japan.

Tel: 81 47 469 5484. E-Mail: hotta@ocean.cst.nihon-u.ac.jp

¹Hideo Unosawa, River Seashore Environment Lab. Numazu-Shi Shizuoka 410-0041, Japan. Tel: 81 583 5289

²Vietnam Oceanographic Institute - Nhatrang, Vietnam. Tel: 84 588 81151, E-Mail: bibion@dng.vnn.vn

TECHNOLOGY ON ARTIFICIAL REEF FOR CREATING SEAWEEDS COMMUNITY USING FERROUS SULFATE

Iron is a micronutrient considered essential to all algae. It is commonly accepted that decreasing ocean productivity is becoming a world problem.

In recent years, scientists have performed experiments by which iron is released in the ocean environment to enhance phytoplankton productivity. The effects of such experiments involving the release of iron in ocean environments have been favorable and have generated considerable interest in the scientific community.

In Japan, seaweed mariculture experiments have been conducted by using concrete block coated with ferrous sulfate. Good results have been obtained. This paper will address examples of such experiments, the construction methods used, the results and discussions on future problems.

UTILIZZO DEL SOLFATO FERROSO PER LO SVILUPPO DI ALGHE SULLA BARRIERA ARTIFICIALE

Il ferro è un micronutriente considerato essenziale per tutte le alghe. È comunemente accettato che la decrescente produttività degli oceani stia diventando un problema mondiale.

Recentemente gli scienziati hanno eseguito esperimenti con i quali il ferro veniva rilasciato nell'ambiente oceanico per aumentare la produttività del fitoplancton. Gli effetti di tali esperimenti che comprendono il rilascio di ferro negli ambienti oceanici è stato favorevole ed ha generato un considerevole interesse nella comunità scientifica.

In Giappone sono stati condotti esperimenti sulla maricoltura delle alghe utilizzando blocchi di calcestruzzo ricoperti di solfato ferroso. Sono stati ottenuti buoni risultati.

Questo lavoro descrive alcuni esempi di questi esperimenti, i metodi di costruzione utilizzati, i risultati e discute sui problemi che si presenteranno in futuro.

F. ANDALORO, M. SINOPOLI, B. COEN, A. POTOSCHI*

I.C.R.A.M.-S.T.S. Palermo, Via Emerico Amari 124 - Palermo 90100 Italy.

* Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia Marima, Università di Messina, Salita Sperone 31 - Messina 98166, Italy. Tel: 091/6114044, E-mail: fandalar@rmd.it

FISH COMMUNITY ASSOCIATED WITH FAD'S IN SOUTHERN TYRRHENIAN SEA AND IN NORTHERN IONIAN SEA

The use of floating FADs to catch dolphin fish (*Coriphaena hippurus*) has rapidly increased in Italian commercial fisheries. Actually 8600 FADs, called "cannizzi", are employed in Southern Tyrrhenian sea and in Northern Ionian sea by 138 professional fishing vessels.

The "cannizzi" are constructed using 2 palm lives tied to floating objects, as empty plastic bottle, anchored on the bottom by a big stones using a polypropylene rope.

The marine area occupied by floating FADs is enlarging year by year. Recently numerous conflicts are starting between FADs and long line fishermen for the sea zones occupation.

The rapid development of this fishing technique offer also to scientific investigation an opportunity to study the fish association phenomenon under floating objects in Mediterranean Sea.

Between 1996 to 1998, 460 purse seine fishing samples and numerous scuba observations were carried out under the fishermen "cannizzi", during the dolphin fish fishery period (from August to December).

Eleven fish species were recorded: *Seriola dumerili*, *Seriola fasciata*, *Caranx crysos*, *Centrolophus niger*, *Coryphaena hippurus*, *Thunnus thynnus*, *Schedophilus ovalis*, *Polyprion americanus*, *Balistes carolinensis*, *Thachurus trachurus* and *Naucrates ductor*.

The frequency, the abundance, the distribution and the feeding habits of this species have been studied.

Any relationship between FADs size and associated fish biomass were observed.

The eleven species were showing a different ecological role in the FADs "ecosystem" where were living in separated zones adopting different behaviour.

S. ovalis, *B. carolinensis* and *P. americanus* are living inside the palm lives or strictly connected with them only in the juvenile stages. Juveniles of *S. dumerili*, *N. ductor*, *T. trachurus* and *C. crysos* are living usually near the palm leaves but they can change more than one FADs during a day. *C. hippurus* and *T. thynnus* are living around the FADs changing them frequently. *S. fasciata* is an alien fish recently immigrated from Atlantic ocean that occurred rarely under the FADs. *C. niger* is also a no common fish under the floating objects.

Any predator-prey relationship between the different fish species associated with the FADs have been observed.

According the "precautionary approach to fishery", considering the high number of no target species juveniles caught, it needs to assess the impact of FADs fishery on associated fishes in order to obtain a correct management of this fishery technique.

COMUNITÀ ITTICA ASSOCIATA AI FAD NEL MAR TIRRENO MERIDIONALE E NEL MAR IONIO SETTENTRIONALE

L'uso di FADs galleggianti per la pesca della lampuga (*Coriphaena hippurus*) si sta rapidamente sviluppando nella pesca professionale Siciliana. 8600 FADs, chiamati "cannizzi", sono attualmente utilizzati in mare Tirreno Meridionale e nel mare Ionio settentrionale da parte di 138 imbarcazioni da pesca professionali.

I "cannizzi" sono costruiti assicurando due foglie di palma ad oggetti galleggianti, come bidoni di plastica, che vengono ancorati al fondo con grossi massi utilizzando una sagola di polipropilene.

In Sicilia l'area occupata dai FADs è in costante aumento. In tempi recenti stanno sorgendo conflitti tra i pescatori di lampuga e i pescatori con palangari di fondo per l'occupazione degli spazi.

Il rapido sviluppo di questa attività ha offerto alla ricerca scientifica l'opportunità di studiare il fenomeno dell'associazione dei pesci sotto i corpi galleggianti in mare Mediterraneo.

Tra il 1996 ed il 1998, nel periodo di pesca alla lampuga tra agosto e dicembre, sotto "cannizzi" professionali sono state effettuate 460 pesche sperimentali con scia-bica e condotte numerose osservazioni subacquee.

Sono stati così osservate undici specie di pesci: *Seriola dumerili*, *Seriola fasciata*, *Caranx crysos*, *Centrolophus niger*, *Coryphaena hippurus*, *Thunnus thynnus*, *Schedophilus ovalis*, *Polyprion americanus*, *Balistes carolinensis*, *Trachurus trachurus* and *Naucrates ductor*.

Su queste specie sono state studiate la frequenza, l'abbondanza, la distribuzione e la dieta e sono state osservate le relazioni tra le dimensioni dei FADs e la quantità dei pesci associati.

Le undici specie studiate mostrano di avere un differente ruolo ecologico nell' "Ecosistema FADs" vivendo separatamente ed adottando comportamenti differenti.

S. ovalis, *B. carolinensis* and *P. americanus* vivono tra le foglie di palma o strettamente connesse ad esse e solo durante il periodo giovanile. Giovanili di *S. dumerili*, *N. ductor*, *T. trachurus* e *C. crysos* vivono abitualmente vicino alle foglie di palma ma possono spostarsi da un FAD all'altro anche nello stesso giorno. *C. hippurus* e *T. thynnus* nuotano attorno ai FADs spostandosi da uno all'altro. *S. fasciata* è una specie alloctona, recentemente immigrata dall'Oceano Atlantico che viene trovata sotto i FADs ma non frequentemente, anche *C. niger* sebbene catturato non è un pesce comune sotto i corpi galleggianti.

Tra le specie associate ai FADs non è stato osservato nessun rapporto di predazione.

Considerando il rapido sviluppo di questa tecnica di pesca e l'alto numero di giovanili che vengono catturati, in accordo con il "precautionary approach to fishery" è necessario valutare l'impatto della pesca con i FADs sulle specie associate allo scopo di adottare le opportune misure di gestione.

K. PORTIER, W. SEAMAN*

Department of Statistics, University of Florida - Gainesville, Florida 32611 USA.

Tel: 352/ 392 3067, E-mail: portier@stat.ufl.edu

*Florida Sea Grant College Program and Department of Fisheries and Aquatic Sciences,
University of Florida - Gainesville, Florida 32611 USA.

DATA GATHERING OR DATA ANALYSIS? THE USE OF MONITORING INFORMATION TO DOCUMENT PERFORMANCE OF ARTIFICIAL REEFS

A major challenge to the field of artificial reef systems development is to extend the success of traditional practices of monitoring and assessment. It now is important to determine whether and how reefs actually meet their objectives and projected benefits, in view of their growing popularity, cost and possible impact. Typically evaluation of artificial reefs has been conducted by natural scientists. They focus on biological and physical structure and function. Although their numerous reports deal with a basic form of "evaluation," generally they do not address the connotation of evaluation as a process that links measurable attributes of natural phenomena with the goals of society, scientists and resource managers. Such goals include fishery harvest, aquaculture, habitat restoration, recreation and resource allocation.

From the most recent journal compilation (1994) of peer reviewed research articles, 33 related to monitoring, assessment and evaluation of artificial reefs were analyzed.

Of these nine (27%) addressed how reefs performed in attainment of objectives related to direct human use or management of natural resources. The rest addressed scientific understanding as an end in itself (30%) and specific reef design issues (43%). In fact, 19 of the 33 reports were based on reefs built strictly for research purposes. Statistical approaches in these articles also are characterized. A gradient of evaluation intensity is observed, from simple mensurative comparisons to formal statistical testing in manipulative experiments. Comparison with earlier literature demonstrates a change in approaches from descriptive to manipulative, but centered on research-oriented reefs.

The three premises of this paper are that: (1) It is essential for evaluation of artificial reefs to progress beyond concentration on simple mensuration studies; (2) There is a need for research to focus on more applied artificial reefs objectives; (3) Reefs need to be built for specific purposes and in such a way as to allow more rigorous evaluation.

Information from such investigation is of immediate use to investors, planners, designers and users of reefs.

RACCOLTA DI DATI O ANALISI DEI DATI? L'UTILIZZO DELLE INFORMAZIONI DEI MONITORAGGI PER DOCUMENTARE LE PRESTAZIONI DELLE BARRIERE ARTIFICIALI

Uno degli obiettivi primari nel campo dello sviluppo dei sistemi di barriere artificiali è quello di estendere il successo delle tradizionali attività di monitoraggio e valutazione. Ciò ora è importante per determinare se e come le barriere attualmente raggiungano i propri obiettivi ed i benefici previsti, in vista della loro crescente popolarità, costo e possibile impatto. Tradizionalmente la valutazione delle barriere artificiali

è stata effettuata da scienziati naturalisti. Essi focalizzano l'attenzione sulla struttura fisica e sulla funzione biologica. Sebbene i loro numerosi rapporti trattino una forma basilare di valutazione, generalmente non indicano la valutazione come un processo che lega le componenti misurabili dei fenomeni naturali agli obiettivi della società, degli scienziati e dei gestori delle risorse. Questi obiettivi includono i prodotti della pesca, l'acquacoltura, la riqualificazione e la ricostruzione dell'habitat e la distribuzione delle risorse.

Dalla più recente analisi della letteratura (1994) di qualificate pubblicazioni, sono stati analizzati 33 articoli relativi a monitoraggio, stima e valutazione delle barriere artificiali. Di questi, 9 (27%) riguardano il comportamento delle barriere nel raggiungere gli obiettivi legati all'uso diretto umano o alla gestione delle risorse naturali. Le restanti riguardano l'analisi scientifica fine a se stessa (30%) ed aspetti connessi alla progettazione delle barriere (43%). Infatti, 19 dei 33 rapporti sono basati sulla costruzione di barriere per propositi strettamente di ricerca. Anche gli approcci statistici sono stati considerati in questi articoli.

È stato osservato un gradiente di intensità di valutazione, da semplici confronti dei test statistici su esperimenti con manipolazione. Il confronto con la letteratura precedente ha evidenziato un cambio nell'approccio da descrittivo a manipolativo, ma sempre centrato su barriere orientate verso la ricerca.

Le tre premesse di questo lavoro sono che: (1) è essenziale per la valutazione delle barriere artificiali progredire superando gli studi limitati ai rilevamenti. (2) per la ricerca è necessario focalizzare sugli obiettivi più applicati delle barriere artificiali. (3) le barriere devono essere costruite per fini specifici e in modo tale da consentire una valutazione più rigorosa. Le informazioni ottenute da queste indagini sono subito disponibili per gli investitori, progettisti, disegnatori e utenti delle barriere.

B.D. SMILEY, K.W. CONLEY¹, P. LAMBERT², J.A. COSGROVE²

Institute of Ocean Sciences, Fisheries and Oceans Canada, PO Box 6000 9860 West Saanich Rd. Sidney - British Columbia V8L 4B2 Canada. Tel: 250/ 363-6551, E-mail: smileyb@pac.dfo-mpo.gc.ca

¹Project Aquatic World Awareness, Responsibility and Education, Professional Association of Diving Instructors Canada, PO Box 6000 9860 West Saanich Rd. Sidney - British Columbia V8L 4B2 Canada.

²Royal British Columbia Museum, PO Box 9815 Stn Prov Govt - Victoria, B.C., V8W 9W2 Canada.

THE REEFKEEPERS' GUIDE: A DEFENSIBLE SCIENCE TOOL WITH A CASE STUDY FOR MONITORING REEF BIOTA BY NON-PROFESSIONAL DIVERS IN CANADA'S PACIFIC WATERS

Responding to growing stewardship interests in coastal communities and declining government science resources, Canada's federal Department of Fisheries and Oceans (DFO) initiated the design, testing and publication of a volunteer Scuba diver protocol called "The Reefkeepers' Guide to Monitoring Subtidal Habitats of Canada's Pacific Waters". The objectives of this Guide are to enable local and visiting recreational divers and others to collect, archive and report defensible scientific data from routine monitoring. The recorded observations focus on the abundance of about 100 selected temperate water invertebrates, fishes and plants common to shallow hard substrate habitats. The Reefkeepers Guide is a two year product of a multi-partnered, field-tested project called SPARS (Sidney Pier Artificial Reef Science) that is successfully integrating the aspirations and strengths of local partnerships involving marine scientists, museum curators, sports divers, recreational fishers, ocean technologists, local business people, the media and others. The SPARS team routinely monitors a shallow artificial reef of 240 Reef Balls™ constructed to enhance recreational fishing, crabbing and diving adjacent to a community built pier.

The Guide includes step-by-step instructions, organized into five modules that deal with setting up volunteer projects, following monitoring protocols, diving safely, training non-professionals, and managing data. A computerized data handling system programmed in MSAccess software allows for data input, verification and analyses for purposes of reporting biodiversity trends to both scientific and non-scientific audiences.

This presentation will outline the basic goals and strategies of the Reefkeepers' Guide, and report on its demonstrated value as a monitoring tool. Lessons and accomplishments of the SPARS project to date will be highlighted. Some SPARS trend data will be presented to show the utility of such information collected by recreational divers who are trained as volunteer biologists.

GUIDA PER GLI ADDETTI ALLE BARRIERE : UNO STRUMENTO SCIENTIFICO CON UN ESEMPIO DI STUDIO PER IL MONITORAGGIO DEL BIOTA DI BARRIERA DA PARTE DI SUBACQUEI NON PROFESSIONISTI NELLE ACQUE CANADESI DEL PACIFICO

In risposta ai crescenti interessi gestionali delle comunità costiere e al declino delle risorse del governo per le scienze, il Dipartimento Federale del Canada per la Pesca e

gli Oceani (DFO) ha iniziato il progetto, la sperimentazione e la pubblicazione di un protocollo per i subacquei volontari chiamato «Guida per gli addetti alle barriere ai fini del monitoraggio degli habitat subtidali delle acque canadesi del Pacifico ». Gli obiettivi di questa guida sono quelli di consentire ai subacquei dilettanti locali e turisti di raccogliere, archiviare e riportare i dati scientifici affidabili provenienti dal normale monitoraggio. Le osservazioni registrate si concentrano sull'abbondanza di circa 100 specie di acque temperate selezionate tra invertebrati, pesci e piante comuni negli habitat poco profondi di substrato duro. La Guida per l'addetto alle barriere è il prodotto di un progetto biennale di più partners e testato sul campo, chiamato SPARS (Sidney Pier Artificial Reef Science) che sta integrando con successo le aspirazioni e gli sforzi delle associazioni locali coinvolgendo scienziati marini, curatori di musei, subacquei sportivi, pescatori dilettanti, tecnici oceanografici, uomini d'affari locali, media ed altri. Il gruppo SPARS abitualmente monitora una barriera artificiale di acque basse fatta da 240 Reef Balls™, costruita per incrementare la pesca per il tempo libero, la pesca dei granchi e l'attività subacquea intorno ad un molo costruito per la comunità.

La Guida include le istruzioni in sequenza, organizzate in cinque moduli che riguardano l'istituzione di progetti volontari, i successivi protocolli di monitoraggio, la sicurezza nelle immersioni, l'istruzione di non professionisti e la gestione dei dati.

Un sistema computerizzato per il trattamento dei dati programmato con MSAccess consente l'introduzione, la verifica e l'analisi dei dati con il proposito di riferire la tendenza della biodiversità sia a un uditorio scientifico sia ad uno non scientifico.

Questa presentazione vuole sottolineare gli obiettivi e le strategie di base della Guida per l'addetto alle barriere e riferisce il suo valore quale strumento di monitoraggio. Saranno evidenziate gli insegnamenti e le realizzazioni del progetto SPARS fino ad oggi. Saranno presentate alcune tendenze dei dati SPARS per mostrare l'utilità di questo tipo di informazioni raccolte da subacquei dilettanti che sono stati istruiti come biologi volontari.

Il testo presentato dagli Autori senza alcuna revisione è pubblicato sul volume *"Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Reefs and Related Aquatic Habitats"*: 527 - 536.

T. TAKEUCHI

National Research Institute of Fisheries Engineering, Hasaki - Ibaraki 314-0421 Japan.
Tel: +81-479-44-5934, E-mail: takeuchi@nrife.affrc.go.jp

FIELD OBSERVATION OF VELOCITY AND TEMPERATURE FLUCTUATIONS AROUND A REEF

Turbulence and vortex is said to be a factor for fish aggregation around a reef and fish is said to respond to pressure fluctuations induced by turbulence or vortex. But there are scarce data on it. In 1998 field observation of velocity and temperature fluctuation characteristics around a reef was carried out around a natural reef off Atsumi in Yamagata prefecture and around an artificial reef off Mano in Niigata prefecture, Japan. Observation of fish aggregation by scuba diving was also carried out. The depth is about 70m off Atsumi and 29m off Mano, respectively. The height of the reef is about 50m and about 5m, respectively.

Three electro-magnetic current meters and four ultrasonic current meters were deployed.

Observation period was 27 to 29 July off Atsumi and 26 to 28 August off Mano. Sampling mode was "burst" and burst interval was 30 minutes. Sampling interval was 0.5 second and sampling number was 1200.

Although flow direction is often different with layers off Atsumi, average flow direction is along the main direction of tidal flow. Velocity of upper layers off Atsumi were affected by surface waves and that of bottom layer were somewhat affected by them. From the results of the frequency and spectral analysis of raw data of velocity and temperature, there are some significant variations which interval is 1.5 to several minutes. These variations might be induced by turbulence or vortex produced by reefs but is not confirmed strictly. Number of observed fish species were eighteen off Atsumi and thirteen off Mano, respectively.

OSSERVAZIONI DI CAMPO SULLE FLUTTUAZIONI NELLA VELOCITA' DELL'ACQUA E NELLA TEMPERATURA ATTORNO AD UNA BARRIERA

È risaputo che la turbolenza ed i vortici sono un fattore nell'aggregazione dei pesci attorno ad una barriera e si sa che i pesci rispondono alle fluttuazioni di pressione indotte dalla turbolenza e dai vortici. Tuttavia ci sono pochi dati al riguardo. Nel 1998 osservazioni di campo sulle caratteristiche delle fluttuazioni della velocità dell'acqua e della temperatura attorno ad una barriera sono state condotte attorno ad una barriera naturale al largo di Atsumi nella prefettura di Yamagata ed attorno ad una barriera artificiale al largo di Mano, nella prefettura di Niigata, Giappone. È stato inoltre condotto uno studio sull'aggregazione dei pesci per mezzo di immersioni subacquee. La profondità si aggirava intorno ai 70m presso Atsumi e 29m presso Mano rispettivamente.

L'altezza della barriera era di circa 50m e 5m rispettivamente.

Sono stati immersi tre correntometri elettromagnetici e quattro ad ultrasuoni. Il periodo di osservazione è stato dal 27 al 29 giugno ad Atsumi e dal 26 a 28 agosto

presso Mano. Lo schema dei rilevamenti era intermittente e l'intervallo tra le misure era di 30 minuti. L'intervallo di rilevamento era 0,5 secondi e il numero di rilevamenti 1200.

Anche se la direzione del flusso è spesso variabile secondo gli strati ad Atsumi, la direzione media del flusso è lungo la direzione principale del flusso delle maree. La velocità negli strati superiori ad Atsumi è influenzata dalle onde di superficie e anche quella degli strati profondi è stata in qualche modo influenzata da queste. Dai risultati dell'analisi della frequenza e dell'analisi dello spettro dei dati grezzi di velocità e temperatura, sono emerse alcune significative variazioni il cui intervallo va da 1.5 a più minuti. Queste variazioni possono essere indotte dalla turbolenza o dai vortici prodotti dalle barriere ma ciò non è confermato con precisione. Il numero delle specie di pesci osservate è stato rispettivamente diciotto presso Atsumi e tredici presso Mano.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 243-244

S. AKEDA, N. TAKAKI, N. TAKAGI, S. HAGINO

National Research Institute of Fisheries Engineering (NRIFE), Ebaidai, Hasaki - Kashima-gun, Ibaraki, Japan.
Tel: 81-479-5936, E-mail: akeda@nrife.afrc.go.jp

THE PRESENT STATE AND PROBLEMS ON THE IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT OF COASTAL FISHING GROUND IN JAPAN

In Japan, the coastal fishing ground improvement and development project has been carried out as public works since the 1950's. The objectives of installation of artificial reefs are to expand and complement natural reefs which considered to be good fishing grounds. The development of fishing ground for propagation aim to protect and raise larvae and juvenile fishes for promotion and raise of natural reproduction. The development of aquaculture ground aims to secure suitable water area for aquaculture.

The improvement and development of artificial habitats for coastal fishery resources are effective in the increase in products and the improvement of fishing efficiency.

On the other hand, fishery management systems what is called "farming fishery" in Japan are composed of seed production, intermediate breeding, seed liberation and others. With the advance of technology, the farming fishery has been become popular since the 1980's. Accordingly, the development of fishing ground aims to work in closer cooperation with farming fishery.

This paper introduces the following subjects: 1) the historical background and the institutions of development of fishing grounds; 2) the present state and problems of planning of the improvement and development of artificial habitats, and 3) the newest example of development of fishing ground which utilize acoustic control of feeding.

LO STATO ATTUALE E I PROBLEMI SUL MIGLIORAMENTO E LO SVILUPPO DEI FONDI DA PESCA COSTIERI IN GIAPPONE

In Giappone, il progetto concernente il miglioramento e lo sviluppo dei fondi da pesca costieri è stato eseguito come un intervento pubblico a partire dagli anni '50. Gli obiettivi della sistemazione di barriere artificiali sono quelli di espandere e completare le barriere naturali che sono considerate buoni fondi da pesca. La costituzione dei fondi

da pesca destinati ad aumentare le risorse mira a proteggere e ad accrescere le larve e i giovanili dei pesci attraverso il miglioramento della riproduzione naturale. Lo sviluppo di siti per l'acquacoltura mira ad assicurare aree marine adatte per l'acquacoltura stessa. Il miglioramento e lo sviluppo di habitat artificiali per le risorse di pesca costiere si evidenziano nell'aumento del prodotto e nel miglioramento dell'efficienza di pesca.

Dall'altra parte, il sistema di gestione della pesca, che in Giappone è chiamato "fattoria della pesca", è rappresentato da produzione artificiale di larve e avannotti, allevamento intermedio, rilascio dei giovanili e altro. Con il progresso della tecnologia, l'allevamento ittico è divenuto popolare a partire dagli anni '80. Di conseguenza, il miglioramento dei fondi da pesca mira a lavorare ad una più stretta cooperazione con le fattorie per la produzione ittica.

Questo lavoro introduce i seguenti argomenti:

- 1) il quadro storico e le istituzioni per lo sviluppo dei fondali da pesca
- 2) lo stato attuale e i problemi nel pianificare il miglioramento e lo sviluppo degli habitat artificiali
- 3) gli ultimi esempi di sviluppo di aree di pesca che utilizzano il controllo acustico della alimentazione.

W.H. BURTON, J. SCHULMAN FARRAR, F. STEIMLE¹, B. CONLIN²

Versar Inc., 9200 Rumsey Road - Columbia, MD 21045 USA. Tel 410/ 740 6086, E-mail burtonwil@versar.com

¹National Marine Fisheries Service, Sandy Hook - Highlands, NJ 07732 USA.

² U.S. Army Corps of Engineers, 100 Penn Square E. - Philadelphia, PA 19107-3390 USA.

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF AN ARTIFICIAL REEF AS OUT-OF-KIND MITIGATION FOR LOSS OF SHALLOW WATER HABITAT IN THE DELAWARE BAY (USA)

The U.S. Army Corps of Engineers constructed an out-of-kind, off-site mitigation to replace an oligohaline tidal marsh and subtidal mudflat of the upper Delaware Bay, filled to create a dredged material disposal area. Habitat loss consisted of 85 acres of inter-tidal mudflat and 147 acres of subtidal, soft-bottom habitat. Mitigation consisted of the placement of 16 pre-fabricated concrete artificial reef structures in a polyhaline environment in lower Delaware Bay.

The effectiveness of the reefs was assessed by analyzing the results of a monitoring program conducted between 1990 and 1994. Estimates of secondary benthic production using production: biomass ratios (P:B) were used to compare gains in benthic epifaunal communities to losses in infaunal communities in the upper estuary. This study evaluated the success of the mitigation effort in replacing the lost secondary benthic production; determined if there were differences in the epibenthic communities of the surfaces of the artificial reef; and compared the artificial reef epibenthic community to a local mature reef created from a 1929 shipwreck.

Results indicated that the artificial reef provides enhanced benthic secondary production per unit area over the lost habitat, but that total production did not equal what was lost. The benthic secondary production per square meter of the lost habitat equaled approximately 177 Kcal/yr, and the total lost production due to filling in the shallow water habitat was approximately 100 million Kcal/yr.

Although the artificial reef had a significantly greater production per square meter (between 2,000 and 12,000 Kcal/yr), its total benthic secondary production (between 13 and 77 million Kcal/yr) fell short of replacing lost production.

The surfaces of the artificial reef were not found to differ in the benthic epifaunal community each supports. As compared to the mature reef, the artificial reef provided significantly increased biomass, abundance, and production during two of the three sampling events.

The Delaware Bay artificial reef was found to be successful in providing enhanced benthic habitat over areas without a reef and another nearby reef. The construction of this reef, while not completely effective in its intended mitigation, provided a benchmark by which to design and judge future mitigation efforts using artificial reefs.

*VALUTAZIONE DELL'EFFICIENZA DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE
COME ATIPICA MITIGAZIONE PER LA PERDITA DI HABITAT DI
ACQUE BASSE NELLA BAIJA DI DELAWARE (USA)*

Il Corpo degli Ingegneri dell'Esercito Americano ha costruito un sistema di mitigazione atipico e fuori zona per rimpiazzare una palude oligoalina di marea e una piana fangosa subtidale nella parte superiore della Baia di Delaware, riempita per creare un'area in cui accumulare i materiali di dragaggio. La perdita dell'habitat consiste di 85 acri di piana fangosa intertidale e 147 di habitat a fondo molle subtidale. La mitigazione consiste nel posizionamento di 16 strutture di calcestruzzo prefabbricate come barriere artificiali in un ambiente polialino nella parte inferiore della Baia di Delaware.

L'efficacia delle barriere è stata valutata analizzando i risultati di un programma di monitoraggio condotto tra il 1990 e il 1994. Stime della produzione bentonica secondaria effettuate impiegando il rapporto di produzione/biomassa (P:B) sono state utilizzate per confrontare i guadagni nelle comunità bentoniche dell'epifauna con le perdite nelle comunità dell'infauna nell'estuario superiore. Questo studio ha valutato il successo dello sforzo di mitigazione nel rimpiazzare la produzione bentonica secondaria perduta; ha determinato se ci sono state delle differenze nelle comunità epibentoniche delle superfici delle barriere artificiali e ha confrontato la comunità epibentonica della barriera artificiale con quella di una barriera naturale matura costituita da un relitto del 1929.

I risultati indicano che la barriera artificiale fornisce una produzione bentonica secondaria per unità di area superiore rispetto all'habitat perso, ma che la produzione totale non eguaglia quella persa. La produzione bentonica secondaria per metro quadro nell'habitat perso è approssimativamente 177 Kcal/anno, e la produzione totale persa dovuta al riempimento dell'habitat di acque basse era di circa 100 milioni Kcal/anno.

Sebbene la barriera artificiale ha una produzione per metro quadro significativamente più elevata (tra 2.000 e 12.000 Kcal/anno), la sua produzione bentonica secondaria totale (tra 13 e 77 milioni Kcal/anno) non si avvicina nemmeno a rimpiazzare la produzione perduta.

Le superfici della barriera artificiale non sono state trovate diverse riguardo alla comunità bentonica presente su ognuna di esse. Confrontandola con la barriera matura, quella artificiale presenta biomassa, abbondanza e produzione significativamente più elevata nel corso di due dei tre campionamenti.

La barriera artificiale della Baia di Delaware è stata un successo nel fornire habitat bentonici migliori rispetto ad aree senza barriere e rispetto ad una barriera vicina. La costruzione di questa barriera, sebbene non abbia completamente raggiunto l'effetto di mitigazione desiderato, ha fornito un punto di riferimento con il quale programmare e valutare i futuri sforzi di mitigazione fatti usando barriere artificiali.

S.C. SCHROEDER, D.C. REED

Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara - California 93106 USA.
Tel: 760-438-5953, E-mail: scs Schroeter@abac.com

AN EXPERIMENTAL EVALUATION OF DIFFERENT REEF DESIGNS USED TO COMPENSATE FOR LOSSES TO A GIANT KELP FOREST COMMUNITY

A large artificial reef is planned in southern California as partial mitigation for the loss of about 61 hectares of giant kelp forest community caused by the operation of the San Onofre Nuclear Generating Station. Specific performance standards for reef substrate, giant kelp, fish, and benthos will be used to evaluate the success of the mitigation reef in compensating for the lost kelp bed resources. Because of uncertainty regarding which reef design(s) are most likely to attain the project goals, the mitigation will be done in two phases: a smaller (~10 ha) 5-year experimental phase followed by a larger (>50 ha) and longer (~30 y) mitigation phase. The primary goal of the experimental phase is to determine the substrate type/shape (recycled concrete vs. quarry rock) and coverage that best provide adequate conditions for establishing and sustaining giant kelp and other reef-associated biota in the mitigation phase. Six combinations of substrate type/shape and coverage will be tested in the experiment using replicate 0,16 ha modules.

Deciding on a design for the mitigation reef using information from the experimental reef entails uncertainties that stem from the small temporal and spatial scales of the experimental phase relative to the mitigation phase. Because of these uncertainties, it is possible that none of the reef designs tested in the experimental will develop a sustainable kelp community by the end of the 5-year experiment. In this case it will be necessary to gather information that *predicts* which of the reef designs will best meet the performance standards when applied to the mitigation reef. A two-part approach that includes gathering information for predictions will be used to evaluate the results of the experimental phase: first, physical and biological variables will be monitored to determine the degree to which the six reef designs achieve the performance standards that will be used to judge the success of larger mitigation reef. Monitoring data also will be used to evaluate the performance of the six reef designs relative to each other.

Second, experiments and additional focused sampling will be done to relate key physical and biological processes to: (1) specific aspects of community development, and (2) the degree of success in achieving the performance standards. While the monitoring data will be used primarily to describe “what’s there”, information obtained from experiments and focused sampling will be used to predict “what will be there over the long term”.

VALUTAZIONE SPERIMENTALE DI DIVERSE TIPOLOGIE DI BARRIERA UTILIZZATE PER COMPENSARE LE PERDITE DELLA COMUNITA' DI UNA FORESTA DI ALGA GIGANTE

Una grande barriera artificiale è stata progettata nella California del sud come parziale mitigazione per la perdita di circa 61 ettari della comunità della foresta della laminaria gigante provocata dall'entrata in funzione della Centrale Nucleare di San Onofre. Sono state impiegate specifiche metodiche per il substrato della barriera, per il kelp gigante, per i pesci e per il benthos, al fine di valutare il successo della barriera di mitigazione nel compensare le risorse perdute del fondo di alghe. A causa delle incertezze riguardo a quale disegno di barriera fosse più adatto al raggiungimento degli obiettivi del progetto, la mitigazione sarà fatta in due fasi: una fase più piccola (circa 10 ha), sperimentale, della durata di 5 anni, seguita da una fase di mitigazione più grande (>50 ha) e più lunga (circa 30 anni). Lo scopo primario della fase sperimentale è quello di determinare il tipo e la forma del substrato (calcestruzzo di recupero o pezzi di roccia) e la copertura che meglio fornisce le condizioni adeguate per l'insediamento e il mantenimento dell'alga gigante e di altri biota associati alle barriere nella fase di mitigazione. Durante l'esperimento saranno testati sei tipi di combinazione tipo/forma del substrato e copertura utilizzando repliche di moduli di 0,16 ha.

Nella scelta di una tipologia per la barriera di mitigazione utilizzando le informazioni ricavate dalla barriera sperimentale emergono delle incertezze dovute alla brevità temporale e spaziale della fase sperimentale relativa alla mitigazione. A causa di queste incertezze, è possibile che nessuna delle tipologie testate nell'esperimento sviluppino una comunità di alghe giganti sostenibile entro la fine dei 5 anni di sperimentazione.

In questo caso si renderà necessario ottenere informazioni che *prevedano* quale delle tipologie di barriera raggiungano meglio i canoni di prestazione necessari per una barriera di mitigazione. Un approccio suddiviso in due parti che includa l'estrapolazione di informazioni per la previsione verrà utilizzato per valutare i risultati della fase sperimentale: per prima cosa saranno monitorate le variabili fisiche e biologiche per determinare a che livello le sei tipologie di barriera raggiungano i canoni di prestazione che verranno utilizzati per giudicare il successo di una barriera di mitigazione più grande.

I dati di monitoraggio saranno inoltre utilizzati per valutare tra di loro le prestazioni dei sei disegni di barriera. Secondariamente, saranno fatti esperimenti e campionamenti mirati aggiuntivi per mettere in relazione i processi fisici e biologici chiave con (1) gli aspetti specifici dello sviluppo della comunità e (2) il grado di riuscita nel raggiungere i canoni di prestazione. Mentre i dati del monitoraggio saranno utilizzati primariamente per descrivere "cosa c'è", le informazioni ottenute dagli esperimenti e dai campionamenti mirati saranno utilizzati per prevedere "cosa ci sarà a lunga scadenza".

R.S. GROVE, K. ZABLOUDIL*, T. NORALL*

Southern California Edison Company, 2244 Walnut Grove Ave. - Rosemead, CA 91770, USA.

Tel: 626/302-9735, fax: 626/302-9730, E-Mail: grovers@sce.com

*EcoSystem Management Associates, Inc. 2270 Camino Vida Roble - Suite L, Carlsbad, CA 92009, USA.

ASSESSMENT OF EL NIÑO EVENTS ON NATURAL KELP BEDS AND ARTIFICIAL REEFS IN SOUTHERN CALIFORNIA

Since 1978, the bottom characteristics and kelp (*Macrocystis pyrifera*) population dynamics of three historically productive natural kelp beds located south of San Clemente, California have been monitored on a semi-annual basis using diver observations, side-scan sonar, and downlooking sonar techniques. Further, since 1981, studies have been intermittently performed on a nearby artificial reef, the Pendleton Artificial Reef, which was designed as a research reef specifically to address the feasibility of using artificial reefs for kelp mitigation. Ecological studies were also conducted pre-and post El Niño in 1997-98 at another artificial reef that supports kelp, the Mission Beach Artificial Reef, which was built off of San Diego in 1992 for the California Department of Fish and Game. El Niños have been identified as influencing catastrophic events in the Southern California nearshore zone that can have significant influence on both the structure and community of reefs.

A review of the method of assessing kelp populations incorporating sonar techniques is given and three-dimensional plots of the distribution of kelp densities is presented for three San Clemente kelp beds. The variation of kelp populations in these beds takes into consideration El Niño events based on NOAA's combined variable El Niño Index. Based on the Multivariate ENSO Index, there were four significant El Niños since 1980. These periods are 1982-83, 1986-87, 1991-92, and 1997-98. A time-line of temperature data is presented and shows the El Niño periods and the lingering thermal effects after the events have dissipated in the equatorial Eastern Pacific.

Periods of low kelp density appear to be related to the extended periods of above normal sea surface temperatures generally associated with El Niños. The kelp density and temperature data show the impacts of significant El Niño events and demonstrate the recovery after such periods. The examination of artificial reefs from the standpoint of substrate and kelp persistence through an El Niño is presented from side scan records and diver surveys. The population dynamics of the natural kelp beds through these El Niño periods indicate the range of kelp density fluctuations to be expected over time on an artificial reef designed for kelp. Monitoring programs designed to assess the performance of artificial reefs for giant kelp need to take these El Niño events into consideration.

VALUTAZIONE DEI FENOMENI CAUSATI DA EL NIÑO SUI FONDI NATURALI DELL'ALGA GIGANTE SULLE BARRIERE ARTIFICIALI NELLA CALIFORNIA DEL SUD

A partire dal 1978 le caratteristiche del fondo e la dinamica di popolazione dell'alga gigante (kelp) (*Macrocystis pyrifera*) di tre fondi naturali storicamente produttivi per questa alga e situati a sud di San Clemente, California, sono stati monitorati su base semi-annuale utilizzando osservazioni subacquee, side-scan sonar, e tecniche di

downlooking sonar. Inoltre, a partire dal 1981, sono stati svolti studi intermittenti su una vicina barriera artificiale, la Barriera Artificiale di Pendleton, che è stata progettata come una barriera di ricerca specificatamente atta a valutare la possibilità di utilizzare barriere artificiali per la mitigazione del kelp. Studi ecologici sono inoltre stati condotti prima e dopo El Niño nel 1997-98 presso un'altra barriera artificiale che presenta il kelp: la Barriera Artificiale di Mission Beach, che è stata costruita al largo di San Diego nel 1992 per il Dipartimento della California per i Pesci e le Gare. Quelli di El Niño sono stati identificati come eventi catastrofici nella zona di costa del sud della California, che possono aver avuto un'influenza su ambedue le strutture o le comunità delle barriere.

È fornita una rassegna dei metodi per valutare le popolazioni di laminaria che comprende le tecniche sonar e sono presentati i grafici tridimensionali della distribuzione della densità delle alghe per tre fondi a laminarie presso San Clemente. La variazione della popolazione di laminarie in questi tre fondi prende in considerazione i fenomeni di El Niño valutata in base all'indice El Niño del NOAA. Sulla base dell'indice multivariato ENSO, sono stati evidenziati quattro fenomeni di El Niño significativi a partire dal 1980. Questi periodi sono: 1982-83; 1986-87; 1991-92 e 1997-98. È presentato un andamento della temperatura nel tempo dal quale si ricava che i periodi di El Niño e gli effetti termici a questo legati dopo i fenomeni sono scomparsi nel Pacifico Orientale equatoriale.

I periodi di bassa densità della *Macrocystis* sembrano essere in relazione agli estesi periodi di temperature di superficie superiori alla norma, generalmente associati a El Niño. La densità dell'alga e i dati di temperatura mostrano l'impatto dei fenomeni più significativi di El Niño e dimostrano il recupero dopo un certo periodo. L'esame delle barriere artificiali dal punto di vista del substrato e della persistenza delle alghe durante un fenomeno di El Niño è effettuato tramite le registrazioni del side scan sonar e dai sopralluoghi subacquei. La dinamica di popolazione dei banchi naturali di *Macrocystis* durante i fenomeni di El Niño indica l'intervallo di fluttuazione della densità che ci si deve aspettare nel tempo su di una barriera artificiale progettata per quest'alga. I programmi di monitoraggio per valutare l'efficacia delle barriere artificiali per l'alga gigante devono pertanto prendere in considerazione i fenomeni di El Niño.

WEN-MIIN TIAN

Department of Marine Environment and Engineering, National Sun Yet-sen Univeristy - Kaohsiung City,
804 Taiwan. Tel: 011886-7-5252000 ext 5175, E-mail: tiwemi@mail.nsysu.edu.tw

ENGINEERING PERSPECTIVES OF BENTHIC ARTIFICIAL REEFS OFF SOUTHWESTERN COAST OF TAIWAN

Artificial habitats have long been deployed for promoting the coastal fishery resources. In Taiwan, active advancement of a comprehensive project for the construction and deployment of artificial reefs was initiated in 1973. Since then, the government had invested over \$40 million in this long-term program and over 160,000 unit of various types of artificial reefs had been deployed. However, the engineering problems associated with the physical status, engineering stability, and performance of these reefs, such as their deployed positions, distribution conditions, and amount of subsidence were not properly investigated. These engineering problems had induced enormous controversies regarding the effectiveness of artificial reef deployment. The purpose of this paper was to summarize the status of the investigations in solving the positioning, monitoring, and burying problems of artificial reefs encountered by the Artificial Reef Program.

The engineering behavior of seven artificial reef groups off southwestern coast of Taiwan were investigated. The knowledge and practices of marine geotechnical engineering and marine geoaoustical surveying were integrated in this comprehensive research. Surficial sediments in this area could be split into two provinces. The northern part is dominated by sand with sparsely distributed silty sand, gravel, and boulder. However, the southern part is dominated by silt. The seafloor of the whole area illustrated a flat, featureless morphology with only small-scale bed forms, such as sand waves, scattered around. Prominent megaripples produced by the passage of storms or hurricanes were evident for a very short period of time in the northern part of this area.

The spatial and temporal variability of the artificial reefs within the seven artificial reef groups were investigated by a side-scan sonar system. Very limited relative displacement of these reefs could be detected for a period of over two years. The height of these reefs were fairly constant and very limited height changes were detected for most of the time. However, prominent height decrement or even burying of reefs were noticed for those in the northern part after the passage of storms or hurricanes.

This research concluded that the major factor which caused the height decrement of these reefs is the scouring effects produced by waves and currents. In addition, the side-scan sonar system illustrated extremely effectiveness in searching, positioning, and height measurement of benthic artificial reefs.

PROSPETTIVE INGEGNERISTICHE PER BARRIERE ARTIFICIALI BENTONICHE AL LARGO DELLE COSTE SUD-OCCIDENTALI DI TAIWAN

Gli habitat artificiali sono stati a lungo impiegati per incrementare le risorse di pesca costiere. A Taiwan un'attiva promozione di un progetto globale per la costruzione e l'immersione di barriere artificiali è stata iniziata nel 1973. Da allora il governo ha investito oltre 40 milioni di dollari in questo programma a lungo termine e oltre 160.000 unità di vari tipi di barriere artificiali sono state immerse. Comunque, i problemi ingegneristici associati allo stato fisico, alla stabilità meccanica e alla prestazione di queste barriere, come il loro sito di immersione, le condizioni di distribuzione ed il grado di subsidenza non sono stati accuratamente studiati. Questi problemi ingegneristici hanno portato a grosse controversie riguardo all'efficacia dell'immersione di barriere artificiali. Lo scopo di questo lavoro è quello di riassumere lo stato delle indagini svolte per risolvere i problemi del posizionamento, del monitoraggio e dell'infossamento delle barriere artificiali incontrati dal Programma Barriere Artificiali.

È stato studiato il comportamento strutturale di sette gruppi di barriere artificiali al largo delle coste sud-occidentali di Taiwan. La conoscenza e la pratica in ingegneria geotecnica marina e nel rilevamento geoacustico marino sono state integrate in questo progetto di ricerca globale. I sedimenti superficiali di quest'area possono essere divisi in due provincie. La parte a nord è dominata da sabbie con sabbie fangose, ghiaia e massi distribuiti in ordine sparso. La parte a sud è invece dominata da fango. Il fondale dell'intera area mostra una morfologia piatta, priva di particolari caratteristiche con piccoli rilievi ondulati di sabbia. Consistenti rilievi e solchi prodotti dal passaggio delle tempeste o degli uragani sono state visibili solo per un breve periodo nella parte settentrionale dell'area.

La variabilità spaziale e temporale della barriera artificiale all'interno dei sette gruppi di barriere è stata studiata con il sistema del side-scan sonar. È stato possibile rilevare uno spostamento delle barriere molto limitato per un periodo di oltre due anni.

L'altezza di queste barriere è stata pressoché costante e sono state registrate variazioni di altezza molto ridotte per la maggior parte del tempo. Tuttavia, una diminuzione dell'altezza delle strutture sopra il fondale o anche un affondamento delle barriere è stata notata per le barriere site nella parte a nord dopo il passaggio di tempeste o di uragani.

Questa ricerca ha concluso che il principale fattore che provoca la diminuzione dell'altezza è l'effetto dello sfregamento prodotto dalle onde e dalle correnti. Inoltre, il side-scan sonar si è dimostrato di fondamentale efficacia nella ricerca, nel posizionamento e nella misurazione dell'altezza delle barriere artificiali bentoniche.

Y. UEKITA, M. NAKAMURA, S. OTAKE

Laboratory of Environmental Engineering, Fukui Prefectural University, Obama, Fukui, 9170003, Japan.
Tel: 81/770/52/6300, Email: uekita@fpu.ac.jp

FORMATION OF ENVIRONMENT FOR ARTIFICIAL HABITAT ECOSYSTEM — SANDY BEACH ECOSYSTEM —

There are two approaches to creating artificial habitats: artificial formation of a rock reef ecosystem with artificial reefs, and artificial formation of a sandy beach ecosystem with artificial tidal lands etc. This paper reports on the environment-forming function of bivalves and benthic bacteria in the sandy beach ecosystem. Bivalves absorb suspended matter, filtering water simultaneously with respiration via the siphon. The water filtering capacity and respiratory rate of the short-neck clam (*Ruditapes philippinarum*), a bivalve important in Japan's fisheries, were determined in the presence of kaolin. Water filtering capacity was found to be a function of water temperature and body weight as per Equation (1) below:

$$\ln q = -4,423 + 1,25 \ln t + 0,25 \ln w \quad (1)$$

where q represents water filtering capacity (l/hr/ind), t represents water temperature (°C), and w represents weight with individual shell (g).

Aerobic bacteria in sandy mud absorb dissolved oxygen (DO) and decompose organic substances during growth. It is therefore possible to calculate the amount of organic substances decomposed, the amount of bacterial growth, the biomass of bacterium-eating limivorous organisms, and other parameters from the DO consumption rate, if known, which in turn would enable analysis of the ecosystem of benthos-feeding organisms. Assuming a function of DO concentration (C), water temperature (t), and organic substance content (IL), Equation (2) for oxygen consumption rate was experimentally derived as follows:

$$\ln V = -5,298 + \ln C + 1,8 \ln t + 0,67 \ln IL \quad (2)$$

where V represents DO consumption rate (l/m²/day), and IL represents ignition loss for organic substance content.

CREAZIONE DI UN AMBIENTE PER UN ECOSISTEMA DI HABITAT ARTIFICIALE – ECOSISTEMA DELLE SPIAGGE SABBIOSE –

Ci sono due approcci per creare habitat artificiali: creazione artificiale di un ecosistema di barriera rocciosa tramite barriere artificiali e creazione artificiale di un ecosistema di spiaggia sabbiosa utilizzando materiali artificiali della zona di marea ecc. Questo lavoro riguarda la funzione che hanno i bivalvi e i batteri bentonici nel formare un ambiente nell'ecosistema delle spiagge sabbiose. I bivalvi assorbono la materia in sospensione, filtrando l'acqua in concomitanza con la respirazione per mezzo del

sifone. La capacità di filtrare l'acqua e il tasso di respirazione della vongola (*Ruditapes philippinarum*), un bivalve importante nell'industria di pesca giapponese, sono stati determinati in presenza di caolino. È stato rilevato che la capacità di filtrare l'acqua è funzione della temperatura dell'acqua e del peso corporeo secondo l'equazione (1):

$$\ln q = -4,423 + 1,25 \ln t + 0,25 \ln w \quad (1)$$

in cui q rappresenta la capacità di filtrazione dell'acqua (l/hr/ind), t rappresenta la temperatura dell'acqua (°C), e w rappresenta il peso individuale con conchiglia (g).

I batteri aerobi nel fango sabbioso assorbono l'ossigeno disciolto (DO) e decompongono le sostanze organiche durante la crescita. È perciò possibile calcolare la quantità di sostanza organica decomposta, il tasso di crescita batterica, la biomassa degli organismi limivori che si nutrono di batteri e altri parametri a partire dal tasso di consumo del DO, se noto, che a sua volta può consentire analisi sull'ecosistema degli organismi che si nutrono di benthos.

Assumendo una funzione della concentrazione di DO (C), temperatura dell'acqua (t) e quantità di sostanza organica (IL), l'equazione (2) per il tasso di consumo di ossigeno è stata sperimentalmente derivata come segue:

$$\ln V = -5.298 + \ln C + 1.8 \ln t + 0.67 \ln IL \quad (2)$$

in cui V rappresenta il tasso di consumo di ossigeno (l/m²/giorno), e IL rappresenta la perdita per combustione del contenuto di sostanza organica.

S. SHYUE

Department of Marine Environment and Engineering, National Sun Yat-sen University - Kaohsiung, Taiwan.
Tel: 886-7-5255067, E-mail: swshyue@mail.nsysu.edu.tw

INVESTIGATING TERRAIN CHANGE AROUND ARTIFICIAL REEFS BY USING MULTIBEAM ECHO SOUNDER

Taiwan Fishery Bureau spends at least six million U.S. dollars a year for the last twenty years to make and dump concrete artificial reefs for fishery preservation. However, it was found that a lot of concrete artificial reefs couldn't be relocated or subsided or partly covered by transport sand. Concrete artificial reefs sometimes may also be moved horizontally by typhoon. According to International Hydrographic Organization (IHO) standards for hydrographic survey, some type of nautical charting survey need to search for sea bottom features with dimension larger than $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$. Therefore, the distribution of the artificial reefs should be investigated and marked on the nautical charts after dumping. In order to explore the status of the artificial reefs, bathymetric survey around reefs should be done for several times. It is impossible for traditional single beam echo sounding to delimit the boundary of artificial reefs. Side scan images may solve this problem, however, it is very hard to control the side scan tow fish and couldn't obtain the information regarding terrain change around artificial reefs. According to the result of our previous study, it was proved that multibeam echo sounding has capability of detecting the distribution of artificial reefs.

This paper tries to explore the detail terrain change around randomly dumped artificial reefs by using multibeam echo sounding results from different times. Beamwidth of the multibeam is very narrow, therefore, the footprint of its sounding at 20 m is around 0,5-0,8m. Detail terrain around artificial reefs can be obtained. The experimental sites are located at southern west part of Taiwan coast. Water depth range of these two sites is between 18m to 30m. Local terrain change around concrete and dumped ship reefs will be demonstrated in the paper. Local current around artificial reefs was measured by shipboard ADCP. Terrain change around artificial reefs was analyzed together with main current direction. It is found that terrain change around artificial reefs is highly correlated with current.

ANALISI DELLE VARIAZIONI DEL FONDALE ATTORNO ALLE BARRIERE ARTIFICIALI UTILIZZANDO UN ECOSCANDAGLIO MULTIFASCIO

L'Ufficio della Pesca di Taiwan ha speso più di sei milioni di dollari all'anno per gli ultimi vent'anni per costruire e immergere barriere artificiali di calcestruzzo per la salvaguardia della pesca. Comunque, si è scoperto che molte barriere artificiali di calcestruzzo non possono essere riposizionate quando sono sprofondate o parzialmente ricoperte da sabbia sedimentata. Le barriere artificiali di calcestruzzo talvolta possono anche essere spostate orizzontalmente dai tifoni. Secondo l'Organizzazione Idrografica Internazionale (IHO) gli standard per i rilevamenti idrografici e alcuni tipi di rileva-

menti per la cartografia nautica hanno bisogno di cercare configurazioni di fondale più grandi di $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$. Perciò la distribuzione delle barriere artificiali deve essere indagata e segnata sulle carte nautiche dopo l'immersione. Allo scopo di analizzare lo stato delle barriere artificiali, debbono esser fatte innumerevoli indagini batimetriche attorno alle barriere. Il tradizionale ecoscandaglio monofascio non è in grado di delimitare i confini delle barriere artificiali. Le immagini del side-scan sonar potrebbero risolvere questo problema, comunque è molto difficile controllare la posizione del side-scan sonar e non si possono ottenere informazioni riguardo alle variazioni del fondale circostante le barriere artificiali. Secondo i risultati del nostro precedente studio, è stato dimostrato che l'ecoscandaglio multifascio ha la capacità di rivelare la distribuzione delle barriere artificiali.

Questo lavoro cerca di esplorare in dettaglio le variazioni del fondale attorno alle barriere artificiali immerse a caso utilizzando i risultati dell'ecoscandaglio multifascio presi in tempi differenti. La larghezza del multifascio è molto limitata, perciò l'impronta del suo scandaglio a 20 m è attorno ai 0,5-0,8 m. Si possono così ottenere i dettagli del fondo attorno alle barriere artificiali. I siti sperimentali sono situati nella parte sud-occidentale della costa di Taiwan. L'intervallo di profondità dell'acqua nei due siti è tra 18 e 30 m. Le variazioni locali del fondale attorno alle barriere di calcestrutto e di relitti di imbarcazioni immerse sono mostrate nel presente lavoro. La corrente localizzata attorno alle barriere artificiali è misurata tramite ADCP di bordo. Le variazioni del fondale attorno alle barriere artificiali sono state analizzate assieme alla direzione principale della corrente. Si è visto che le variazioni nel fondale attorno alle barriere artificiali sono strettamente correlate con le correnti.

G. FABI, F. LUCCARINI, M. PANFILI, C. SOLUSTRI, A. SPAGNOLO

Istituto di Ricerche sulla Pesca Marittima, IRPEM – CNR, Largo Fiera della Pesca, 60125 - Ancona, Italy.
Tel: +39 071 207881, E-mail: Fabi@irpem.an.cnr.it

EFFECTS OF AN ARTIFICIAL REEF ON THE SURROUNDING SEABED COMMUNITY (CENTRAL ADRIATIC SEA)

Inside a research program aimed to study the trophic behaviour of a few fishes associated to an artificial reef deployed in the central Adriatic sea, a two-year survey (spring 1997–winter 1999) was carried out on the benthic community inhabiting the natural sand-muddy bottom immediately surrounding the artificial substrates. The aims were: a) to obtain a detailed description of the benthic communities; b) to spatially evaluate the reef influence on the surrounding seabed.

The study was carried out at the Cesano-Senigallia artificial reef, located in 11 m of water, 1,2 miles offshore, on a sand-muddy bottom far from hard natural substrates. It was constructed in 1987 and consists of 29 pyramids, each made of five 2 m cubic concrete blocks. The pyramids were placed on a stone bed in a rectangular arrangement, approximately 15 m apart.

Samples were collected through a suction sampler from squared areas (side: 40 cm; depth: 20 cm) placed along two types of transect: a) a first one, set inside the reef area and consisting of three sampling sites placed at increasing distances from a pyramid (2, 5 and 10 m); b) a second one, placed outside the reef and consisting of five sampling sites located at 2, 5, 10, 20 and 50 m intervals from an outer pyramid. Finally, a control site, without natural or artificial hard substrates, 2,5 miles far from the artificial reef, on the same type of seabed and at the same depth, was also investigated. Two internal and two external transects as well as the control site were sampled in each season.

All the animals in samples were sorted, identified to the species level when possible and counted. Mean richness and mean Shannon-Weaver diversity index were separately computed for each season and for each sampling site. Statistical comparison among the seasons, the sampling sites and the different areas (internal transects, external transects, control site) was accomplished using analysis of variance, cluster analysis and multidimensional scaling.

Significant differences were generally obtained in abundance, mean species richness and diversity index among the three different areas as well as among the seasons.

In terms of abundance (n. ind/dm²) and mean species richness the highest values computed for the overall period were recorded at the control site. The former was mainly due to an exceptional occurrence of *Caprella equilibra* and to the higher settlement of some species of bivalves (i.e. *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*) recorded in spring at this site; the latter was a consequence of an increased number of Polychaetes and Gastropods species found in the same season.

The highest mean diversity index computed for the overall period was recorded at the internal reef area, while the lowest seasonal values were observed in summer everywhere.

Cluster analysis and multidimensional scaling evidenced that the influence of the reef on the surrounding benthic community changed in the different seasons. In spring and in autumn the samples collected at the different distance intervals along each transect appeared homogeneous, with a clear separation between the external and the internal sampling areas. This separation became less evident during the summer and winter months. The open-sea control site resulted different from the other investigated areas in each season.

EFFETTI DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE SULLA COMUNITA' DEL FONDALE CIRCOSTANTE (MARE ADRIATICO CENTRALE)

All'interno di un programma di ricerca rivolto a studiare il comportamento trofico di alcuni pesci associati ad una barriera artificiale immersa nel Mare Adriatico centrale, è stata condotta una campagna di due anni (primavera 1997–inverno 1999) sulle comunità bentoniche che abitano il fondo naturale sabbioso–fangoso immediatamente circostante i substrati artificiali. Gli scopi erano: a) ottenere una descrizione dettagliata delle comunità bentoniche; b) valutare spazialmente l'influenza della barriera sul fondale circostante.

Lo studio è stato condotto presso la barriera artificiale di Cesano-Senigallia, situata a 11 m di profondità e a 12 miglia dalla costa, su un fondale fangoso-sabbioso lontano dai substrati duri naturali. È stata costruita nel 1987 ed è costituita da 29 piramidi, ognuna formata da cinque blocchi cubici di calcestruzzo di 2 m di lato. Le piramidi sono state poste su di un fondo roccioso in formazione rettangolare di circa 15 m di lato.

I campioni sono stati raccolti per mezzo di un campionatore ad aspirazione da aree quadrate (lato: 40 cm, profondità: 20 cm) localizzate lungo due tipi di transetti: a) il primo, all'interno dell'area della barriera e formato da tre siti di campionamento situati a crescente distanza dalle piramidi (2, 5 e 10 m); b) il secondo, all'esterno della barriera e costituito da cinque siti di campionamento situati a intervalli di 2, 5, 10, 20 e 50 m da una piramide esterna. Infine è stato preso in esame un sito di controllo, privo di substrati duri artificiali o naturali, a 2,5 miglia dalla barriera artificiale, sullo stesso tipo di fondale ed alla stessa profondità. Per ogni stagione sono stati esaminati due transetti interni e due esterni, assieme al sito di controllo.

Tutti gli organismi nei campioni sono stati separati, contati ed identificati a livello di specie quando possibile. Sono stati calcolati la ricchezza media e l'indice medio di diversità di Shannon-Weaver per ogni stagione e per ogni sito di campionamento. È stato fatto un confronto statistico tra le stagioni, i siti di campionamento e le diverse aree (transetti interni, transetti esterni e sito di controllo) mediante l'analisi della varianza, l'analisi dei cluster e la scala multidimensionale.

Sono state ottenute differenze significative per l'abbondanza, la ricchezza media in specie e l'indice di diversità sia tra le tre diverse aree, sia tra le stagioni.

In termini di abbondanza ($n. \text{ ind}/\text{dm}^2$) e ricchezza media in specie i più alti valori, calcolati per l'intero periodo, sono stati registrati nel sito di controllo. Il primo valore era principalmente dovuto ad un'eccezionale frequenza di *Caprella equilibra* ed all'elevato insediamento di alcune specie di bivalvi (per esempio *Chamelea gallina*, *Corbula gibba*) verificatosi in primavera in questo sito; l'ultimo valore era una conseguenza di un numero più alto di Policheti e Gasteropodi ritrovati nella stessa stagione.

L'indice medio di diversità più elevato per l'intero periodo è stato registrato nell'area interna alla barriera, mentre i valori più bassi stagionali sono stati osservati ovunque in estate.

L'analisi dei cluster e la scala multidimensionale hanno evidenziato come l'influenza della barriera sulle comunità bentoniche circostanti cambi nelle diverse stagioni. In primavera e in autunno i campioni raccolti a diversi intervalli di distanza lungo ogni transetto sembrano omogenei, con una netta separazione tra l'area di campionamento interna e quella esterna. Questa separazione diviene meno evidente nei mesi estivi ed invernali. Il sito di controllo in mare aperto è risultato differente dagli altri siti analizzati durante tutte le stagioni.

J.E. BYERS, H.S. LENIHAN¹, C.H. PETERSON², G.W. THAYER³

Department of Ecology, Evolution, and Marine Biology, University of California, Santa Barbara, California
93106 USA. Tel: 805 893-3116, E-mail: byers@lifesci.ucsb.edu

¹University of Pisa, Department of Environmental Sciences, Via degli Angeli, 8 - 50014 Fiesole, Firenze, Italy.
E-mail: hsleniha@email.unc.edu

²University of North Carolina, Institute of Marine Sciences, Morehead City, North Carolina 28557 USA.
Tel: 252 726-6841, E-mail: cpeters@email.unc.edu

³NOAA-National Marine Fisheries Service, Beaufort Laboratory, 101 Piver's Island Road, Beaufort,
North Carolina 28516 USA. E-mail: gthayer@noaa.gov

EFFECTS OF HUMAN-INDUCED DISTURBANCES ON OYSTERS AND REEF DWELLING SPECIES: IMPLICATIONS FOR REEF RESTORATION

The Atlantic oyster, *Crassostrea virginica*, is a valuable fishery species in many areas along the East Coast of the United States. The biogenic reefs that *C. virginica* forms are additionally valuable because they enhance estuarine biodiversity by providing habitat structure for many fish and invertebrates species. Current reef restoration programs along the East Coast of the United States have focused primarily on the oyster's value as a fishery species and not on the community-level benefits accrued from the habitat it provides.

We designed a large-scale reef restoration experiment by constructing replicate reefs of different morphologies at different depths to determine optimal restoration strategies for enhancing oyster production and the biodiversity associated with oyster reef habitat. The reef morphology that most negatively impacted both oyster production and associated reef species was the form that represented reefs exposed to destructive dredging techniques, commonly employed by oyster fishermen, which reduce reef height. Because anoxia (caused principally by anthropogenic eutrophication) was more common in deeper, unmixed water, degraded reefs located in deep water were exposed to seasonal anoxia and exhibited high oyster mortality.

Data from our study suggest that to increase oyster production and guard against catastrophic anoxic events, reef restoration programs should construct tall (≥ 2 m) reefs primarily in shallow water (≤ 3 m). However, while oysters on tall, undredged reefs and reefs in shallow water were not exposed to anoxia and thus survived well, the associated reef biota on shallow reefs was heavily impacted due to unforeseen trophic interactions.

Anoxia on deep water reefs killed reef-associated invertebrate prey species and forced reef-associated fish into oxygenated shallow water. Emigrating fish accumulated in high densities on reefs in shallow water where they decimated prey populations.

The transportation of disturbance effects to otherwise unaffected reef environments calls to question whether reef restoration can truly fulfill one of its intended purposes of protecting and enhancing resident native species populations if habitat outside their boundaries continues to be degraded by human activities. Even reefs that are built and positioned correctly may require further management intervention to ensure maintenance of reef-associated biodiversity.

EFFETTO DELLE PERTURBAZIONI CAUSATE DALL'UOMO SULLE OSTRICHE E SULLE SPECIE ASSOCIATE: SUGGERIMENTI PER IL RECUPERO DELLE BARRIERE

L'ostrica atlantica, *Crassostrea virginica*, è una specie preziosa per la pesca in molte zone della costa orientale degli Stati Uniti. Le barriere biogeniche formate da *C. virginica* sono ulteriormente importanti in quanto aumentano la biodiversità degli estuari fornendo un habitat per molti pesci ed invertebrati. Gli attuali programmi per il recupero delle barriere lungo la costa orientale degli Stati Uniti si focalizzano principalmente sul valore delle ostriche come specie da pesca e non sui benefici a livello di comunità derivati dall'habitat che forniscono.

È stato da noi progettato un esperimento su larga scala per il recupero delle barriere costruendo repliche di barriere con differenti morfologie a varie profondità per determinare la strategia di recupero ottimale per aumentare la produzione di ostriche e la biodiversità associata all'habitat di barriera delle ostriche. La morfologia della barriera che ha impattato in modo più negativo sia sulla produzione di ostriche sia sulle specie associate alla barriera è stata la forma che rappresenta le barriere esposte a tecniche distruttive di dragaggio, impiegate comunemente dai pescatori di ostriche, che riducono l'altezza della barriera. Poiché l'anossia (provocata principalmente dall'eutrofizzazione antropogenica) è più frequente in acque profonde non rimescolate, le barriere degradate, situate in acque profonde sono esposte stagionalmente ad anossia e mostrano un'elevata mortalità di ostriche.

I dati ricavati da questo studio indicano che per aumentare la produzione di ostriche ed evitare gli eventi anossici catastrofici i programmi di recupero delle barriere debbono consentire la costruzione di alte barriere (≥ 2 m) soprattutto in acque basse (≤ 3 m). Comunque, mentre le ostriche su barriere alte, non dragate e su barriere di acque basse non sono esposte all'anossia e perciò sopravvivono bene, il biota associato alla barriera in acque basse è fortemente condizionato da impreviste interazioni trofiche. L'anossia in barriere di acque profonde uccide le specie preda di invertebrati associati alla barriera e costringe i pesci associati a spostarsi in acque basse ed ossigenate. I pesci emigrati si accumulano con densità elevate sulle barriere di acque basse, dove decimano la popolazione delle prede.

Lo spostamento degli effetti delle perturbazioni verso altri ambienti di barriera non ancora perturbati fa sorgere la questione se il recupero delle barriere possa effettivamente soddisfare uno dei suoi propositi, cioè quello di proteggere e aumentare le popolazioni delle specie residenti native se l'habitat al di fuori dei loro confini continua ad essere degradato dalle attività umane. Anche le barriere che sono costruite e sistemate correttamente possono necessitare di interventi di gestione per assicurare il mantenimento della biodiversità associata alla barriera.

C.W. OSENBERG, C.M. ST. MARY, J.A. WILSON, W.J. LINDBERG*

Department of Zoology, University of Florida 32611-8525 USA. Tel 352-392-9201
E-mail: osenberg@zoo.ufl.edu

*Department of Fisheries and Aquatic Sciences, University of Florida, 32653, USA.
Tel 352-392-9617 ext. 239, E-mail: wjl@ufl.edu

A QUANTITATIVE FRAMEWORK TO EVALUATE THE ATTRACTION-PRODUCTION CONTROVERSY, WITH APPLICATION TO MARINE ORNAMENTAL FISHERIES

Artificial reefs have been proposed as a tool to mitigate impacts on natural reefs, augment natural fish production, and divert detrimental harvesting activities from sensitive natural habitat. The efficacy of this strategy depends on the extent to which artificial reefs contribute to new production and therefore benefit populations on a local and regional basis. The use of artificial reefs has engendered considerable controversy, due in part to debate about whether reefs fuel new net production vs. attract individuals which otherwise would have occurred elsewhere. This debate emphasizes extremes in a spectrum of alternatives. Instead of focusing on the dominant role of a single process, we need a pluralistic approach that recognizes that multiple processes act simultaneously to influence reef fish dynamics. This demands an explicitly quantitative framework that incorporates the roles of habitat augmentation, redistribution of existing fish biomass, and spatially-structured patterns of density-dependence. Here we use such a framework to design appropriate field experiments and to construct population models relevant to evaluating the effects of artificial reefs on the local and regional dynamics of reef fishes.

At its simplest level, we propose an experimental design that focuses on the settlement, survival, growth and reproduction of fishes on natural reefs (without adjacent artificial reefs) vs. natural reefs plus associated artificial reefs. The responses on the combined reefs can be partitioned between the two habitat types (natural vs. artificial).

The net effects of enhancement (on artificial reefs) and redirection (away from natural reefs) will depend on the relative strengths of density-dependence in each habitat. For example, if density-dependence is sufficiently strong, redirection of fish from natural reefs may have little overall effect on natural reef production due to compensation by the remaining individuals. We then present a model of reef fish dynamics for a species that uses two habitats (artificial and natural reefs) and explore how local production and export of larvae vary as a function of differences in habitat quality, proximity and harvesting. We use these results to estimate responses that might be expected in the field, and then evaluate the statistical power of experiments to detect such effects.

*UN APPROCCIO QUANTITATIVO PER VALUTARE IL CONTROVERSO
MODELLO ATTRAZIONE – PRODUZIONE, CON APPLICAZIONE ALLA
COLTURA DI PESCI MARINI ORNAMENTALI*

Le barriere artificiali sono state proposte come uno strumento per mitigare l'impatto sulle barriere naturali, per aumentare la produzione naturale di pesci, per allontanare le attività di raccolta nocive da un habitat naturale sensibile. L'efficacia di questa strategia dipende dal grado in cui le barriere artificiali contribuiscono ad una nuova produzione e perciò creano un beneficio alle popolazioni su base locale e regionale.

L'utilizzo di barriere artificiali ha generato una notevole polemica, in parte dovuta alla discussione se le barriere stimolino una nuova produzione oppure attraggano individui che altrimenti si sarebbero radunati altrove. Questa discussione enfatizza gli estremi di uno spettro di alternative. Invece di focalizzare sul ruolo dominante di un singolo processo, c'è bisogno di un approccio pluralistico che riconosca come diversi processi agiscano simultaneamente per influenzare le dinamiche dei pesci di barriera. Questo richiede esplicitamente un approccio quantitativo che incorpori il ruolo dell'incremento dell'habitat, la ridistribuzione della biomassa di pesci esistente e gli schemi di densità-dipendenza strutturati spazialmente. In questo lavoro è stata utilizzato uno di questi approcci per programmare degli appropriati esperimenti di campo e per costruire dei modelli di popolazione necessari per valutare gli effetti delle barriere artificiali sulle dinamiche locali e regionali dei pesci di barriera.

Al suo livello più semplice, viene proposto un modello sperimentale che si focalizza sull'insediamento, la sopravvivenza, la crescita e la riproduzione dei pesci sulle barriere naturali (senza barriere artificiali adiacenti) rispetto alle barriere naturali associate a barriere artificiali. I risultati provenienti dalle barriere combinate possono essere suddivisi in due tipi di habitat (naturale e artificiale). L'effetto netto dell'aumento (sulla barriera artificiale) e del ricollocamento del prelievo (lontano dalle barriere naturali) dipenderà dalle relative forze di densità-dipendenza in ciascun habitat. Per esempio, se la densità – dipendenza è abbastanza forte, il ricollocamento del prelievo dei pesci dalle barriere naturali potrebbe avere un minimo effetto globale sulla produzione delle barriere naturali dovuto alla compensazione da parte degli individui rimasti. È stato quindi presentato un modello di dinamica dei pesci di barriera per una specie che utilizza due habitat (barriere artificiali e naturali) che analizza come varia la produzione locale e la diffusione delle larve in funzione delle differenze nella qualità dell'habitat, della vicinanza e della raccolta. Questi risultati sono stati utilizzati per fare una stima delle risposte che possono essere aspettate sul campo e quindi per valutare il potere statistico degli esperimenti fatti per rilevare tali effetti.

R. DANOVARO, C. GAMBI, A. MAZZOLA¹, S. MIRTO¹

Institute of Marine Sciences, University of Ancona, Via Brecce Bianche - 60131 Ancona, Italy.
E-mail: danovaro@popcsi.unian.it

¹ Department of Animal Biology, University of Palermo, Palermo, Italy.

INFLUENCE OF ARTIFICIAL REEFS ON THE SURROUNDING INFAUNA: ANALYSIS OF MEIOFAUNA

One of the main goals of the artificial reefs is the enhancement of the associated biomass. The question whether artificial reefs “produce” additional biomass or simply concentrate the existing biomass is still largely unsolved. To this regard, in fact, the “top-down approach” to this problem (i.e. basically looking at the fish biomass and relative stomach contents) is inefficient in assessing the actual influence of the artificial reef in the production at the basis of the food web (microphytobenthos and bacteria) and to the possible effects in the efficiency of material and energy transfer to higher trophic levels (i.e. macrofauna and nekton-benthos). Due to their possible intermediate trophic position meiofauna might represent a very important link between primary producers and higher consumers of economical relevance.

This study was defined to provide the first information on the effect of artificial reefs on meiofaunal assemblages. Two artificial reefs are compared here: one is located close to Senigallia (Ancona) and the second is located (S. Maria Vergine). Meiofaunal samples have been collected inside the artificial reef area, between the blocks and, along down-current transects with increasing distance from the reef (0, 2, 20, 50) and compared with a control site (same depth) at about 1 mile distance from the reef. The influence of the artificial reefs are discussed in relation to: 1) their effects on meiofaunal density; 2) the effects on meiofaunal community structure and 3) the comparative analysis of the two different reefs characterised by different environmental and energetic conditions.

INFLUENZA DELLE BARRIERE ARTIFICIALI SULL'INFAUNA CIRCONDANTE: ANALISI DELLA MEIOFAUNA

Uno dei principali scopi delle barriere artificiali è quello di aumentare la biomassa della fauna ad esse associata. Rimane ancora insoluita la questione se le barriere artificiali “producono” ulteriore biomassa o semplicemente concentrano quella già esistente. A questo proposito, infatti, un approccio “top-down” al problema (principalmente osservando la biomassa dei pesci ed il loro relativo contenuto stomacale) non è sufficiente per valutare l'influenza della barriera artificiale sulla produzione della base della rete alimentare (microfitobenthos e batteri) ed i possibili effetti sull'efficienza di trasferimento di materia ed energia ai livelli trofici superiori (macrofauna e fauna demersale). Grazie alla sua posizione trofica intermedia, la meiofauna può rappresentare un importante anello tra i produttori primari ed i più alti consumatori di rilevanza economica.

Questo studio è stato svolto con l'intento di fornire una prima indicazione sugli effetti delle barriere artificiali sulla comunità meiobentonica. Sono state messe a con-

fronto due barriere artificiali, una situata a Senigallia (Ancona) e l'altra a S. Maria Vergine (Palermo). I campioni di meiofauna sono stati raccolti all'interno della barriera artificiale, tra i blocchi e lungo un transetto posto nella direzione di corrente a distanze crescenti dalla barriera (0, 2, 20 m) e confrontati con un sito di controllo (posto alla stessa profondità) a circa 50 m dalla barriera. L'influenza della barriera artificiale è stata discussa in relazione 1) al suo effetto sulla densità della meiofauna; 2) agli effetti sulla struttura della comunità meiobentonica e 3) all'analisi comparativa delle due barriere artificiali caratterizzate da condizioni trofiche ed ambientali differenti.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), 59 Suppl.: 356-362

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 264-265

S.J. HOLBROOK, D.C. REED*

Department of Ecology, Evolution and Marine Biology and the Marine Science Institute, University of California - Santa Barbara, California 93106 USA. Tel: 805 893 3956, E-mail: holbrook@lifesci.ucsb.edu

*Marine Science Institute, University of California - Santa Barbara, California 93106 USA.

METHODS FOR ENHANCING HABITAT VALUE OF ARTIFICIAL STRUCTURES BY ESTABLISHING SURFGRASS (*PHYLLOSPADIX TORREYI*)

Many structures placed in coastal waters (e.g., pipelines, jetties and piers) provide habitat for reef organisms and thus function as artificial reefs. Often, particular species are targeted for establishment on these structures because of the substantial habitat value they provide.

One such species along the west coast of North America is the surfgrass *Phyllospadix torreyi*, a seagrass that only grows on hard substrates. Surfgrass beds are ecologically important because they provide food, shelter and nursery grounds for a wide variety of reef fish and invertebrates. The rate of natural establishment of these beds is very slow, prompting considerable interest in developing techniques for its establishment on artificial structures. Attempts at accelerating establishment by transplanting adult plants from undisturbed areas have failed, motivating a focus on earlier life stages.

Here we present results of studies using seeds and seedlings in enhancement efforts. Seed production, delivery and subsequent attachment were highly variable among sites and years at our study location. However, for enhancement purposes, seeds are not limiting because in any given year sufficient numbers can be readily collected, stored in a dormant state, and germinated when needed. This enables synchronous cultivation of large numbers of seedlings which is key to successful enhancement efforts. Because surfgrass seeds require a host for attachment, we developed and tested several types of artificial hosts for wholesale attachment of seedlings to hard substrates. Data collected from both naturally-recruited and laboratory-reared seedlings that were outplanted to the field indicate that predators, primarily crabs, can be an important source of mortality. Additional tests examined effects of seedling density and spacing on early survival as well as ways to reduce mortality of outplanted individuals.

**METODI PER AUMENTARE L'IMPORTANZA DELL'HABITAT DELLE
STRUTTURE ARTIFICIALI INSERENDO LA FANEROGAMA
(PHYLLOSPADIX TORREYI)**

Molte strutture immerse in acque costiere (per esempio condutture, pontili e dighe) forniscono un habitat per gli organismi di barriera e perciò funzionano da barriere artificiali. Spesso, alcune specie in particolare si insediano su queste strutture in relazione all'importanza dell'habitat che esse forniscono.

Una di queste specie lungo la costa occidentale del Nord America è la fanerogama *Phyllospadix torreyi*, una pianta marina che cresce solamente su substrati duri. I prati di fanerogame sono ecologicamente importanti poiché sono fonte di cibo, riparo e nurseries per una grande varietà di pesci e di invertebrati di barriera. Il tasso naturale di insediamento di queste praterie è molto lento, giustificando il notevole interesse nello sviluppare tecniche per il suo inserimento sulle strutture artificiali. I tentativi di accelerare l'insediamento trasportando piante adulte da aree indisturbate sono falliti, focalizzando così l'attenzione sui primi stadi del ciclo vitale della pianta.

In questo lavoro sono presentati i risultati degli studi effettuati utilizzando semi e pianticelle. La produzione di semi, la loro distribuzione e il conseguente attecchimento erano altamente variabili tra i siti e tra gli anni nelle località di studio. Tuttavia, per il miglioramento dell'habitat, i semi non sono limitanti, poiché in ogni dato anno un numero sufficiente può essere facilmente raccolto, conservato in stato di dormienza e fatto germinare quando necessario. Ciò consente la coltivazione sincrona di un gran numero di pianticelle, che è la chiave per avere successo nel tentativo di aumento delle piante. Poiché i semi delle fanerogame richiedono un ospite per l'attecchimento, sono stati sviluppati e testati diversi tipi di ospiti artificiali per un insediamento su larga scala delle piantine sul substrato duro.

I dati raccolti, sia dalle piantine nate naturalmente sia da quelle cresciute in laboratorio che sono state trapiantate nel sito, indicano che i predatori, soprattutto i granchi, potrebbero essere un'importante causa di mortalità. Test ulteriori hanno esaminato gli effetti della densità e dello spazio tra le piantine nella prima sopravvivenza assieme a metodi per ridurre la mortalità degli individui trapiantati.

P. HENRIQUEZ, F. BADALAMENTI, R. CHEMELLO*, G. D'ANNA, S. RIGGIO*

Laboratorio di Biologia I.R.M.A. - CNR. Via G. da Verrazzano, 17 - 91014 Castellammare del Golfo, Italy.
Tel: 0039 924 35013, E-mail: fbadala@tin.it

* Dipartimento di Biologia Animale, Via Archirafi, 18 - Palermo, Italy.

ARE ARTIFICIAL REEFS RELATED TO ADJACENT NATURAL ROCKY AREAS? A MOLLUSC CASE STUDY IN THE GULF OF CASTELLAMMARE (NW SICILY)

The Gulf of Castellammare (NW Sicily) is an area with one of the highest densities of artificial reefs in Italy. It has a coastline over 70 km long with its eastern and western sides characterised by steep dolomitic cliffs and the central part composed of narrow sandy beaches. Approximately 100 pyramid-shaped structures have been deployed in successive periods over the last 10 years, providing a volume of over 10.000 m² of artificial substrate in concrete. The heterogeneous hydrological conditions of the area, especially the turbidity of the water and the sedimentation rate, determine the variable success of the settlement and development of the benthic community, both on the artificial substrate and the natural reef of the gulf.

The objective of this study is to compare the Mollusc assemblage of the artificial structures located in different parts of the gulf with that of two natural reefs nearby.

400 cm² samples were scraped off the reef walls at depths of 16-18 m between April and June 1995 from 'mature' artificial reefs in 3 localities (TE, TR ed AM) and from 2 natural reefs: ZN (at the western end of the gulf) and TS (in the central part). ZN and TE are located in areas with clear water, while TS, TR and AM are found in areas with high levels of turbidity.

In total 135 species of Mollusc were found. The most well structured assemblage was that from ZN, which showed the highest values of diversity and species richness, while at AM the highest number of individuals per sample was found. The lowest values of diversity and species richness were found at TR and the lowest number of individuals at TS. Comparison of the 5 localities showed significant differences in the average number of species and in the biodiversity values, while the differences in the number of individuals were not significant. Factorial Correspondence Analysis showed a model which was strongly polarised along the first axis by ZN and along the second axis by TS, while the sites of the localities with artificial reefs form a cluster near the origin of the axes. The most distinctive feature is the dominance of individuals of *Bitium* spp. at the artificial reef locations.

Many years after the deployment of the artificial reefs in the Gulf of Castellammare their mollusc assemblage remains an entity which is distinct from that of the natural reefs nearby. However, the potential of the assemblage in terms of density of individuals and therefore, presumably, of biomass and production is comparable to that of natural reefs.

ESISTE UN COLLEGAMENTO TRA LE BARRIERE ARTIFICIALI E L'ADIACENTE AREA ROCCIOSA NATURALE? UNO STUDIO SUI MOLLUSCHI DEL GOLFO DI CASTELLAMMARE (NORD-OVEST DELLA SICILIA)

Il Golfo di Castellammare (nord-ovest della Sicilia) è una delle aree a più alta densità di barriere artificiali in Italia. Ha una linea costiera di oltre 70 km ed è caratterizzata ad est e ad ovest da ripide scogliere dolomitiche, mentre la parte centrale è composta da strette spiagge sabbiose.

Circa un centinaio di strutture a piramide sono state distribuite in periodi successivi negli ultimi dieci anni, creando un volume di più di 10.000 m³ di strutture artificiali. L'eterogenea situazione idrologica dell'area, e in particolare la torbidità dell'acqua e il tasso di sedimentazione, determinano un variabile successo dell'insediamento e dello sviluppo della comunità bentonica, sia nel substrato artificiale che nella naturale scogliera del golfo.

L'obiettivo di questo studio è di paragonare l'associazione dei molluschi sulle strutture artificiali sparse in varie parti del golfo con quello sulle due scogliere naturali adiacenti.

Campioni sono stati prelevati da 400 cm² di pareti della scogliera ad una profondità di 16-18 metri tra l'aprile ed il giugno del 1995 e da barriere artificiali "mature" in tre località (TE, TR ed AM) e da due scogliere naturali: ZN (nella parte occidentale del golfo) e TS (nella parte centrale). ZN e TE sono collocate in zone di acqua limpida, mentre TS, TR ed AM si trovano in zone ad alto livello di torbidità.

In totale sono state trovate 135 specie di molluschi. L'associazione meglio strutturata era quella della zona ZN, che mostrava il maggior livello di diversità e di ricchezza di specie, mentre in AM è stato individuato il più alto numero di individui per campione. Il più basso livello di diversità e di ricchezza di specie è stato rinvenuto in TR e il più basso numero di individui in TS. Una comparazione tra le cinque località ha mostrato significative differenze nel numero medio di specie e nei valori di biodiversità, mentre la differenza nel numero di individui era irrilevante.

L'analisi di corrispondenza fattoriale (Factorial Correspondence Analysis) ha mostrato un modello estremamente polarizzato lungo il primo asse da ZN e lungo il secondo asse da TS, mentre i siti delle località con barriere artificiali formavano un grappolo vicino all'origine degli assi. La caratteristica più interessante è la predominanza di individui di *Bittium* spp. nelle locazioni della barriera artificiale.

Diversi anni dopo l'immersione delle barriere artificiali nel Golfo di Castellammare l'associazione di molluschi su di esse rimane un'entità differenziata rispetto a quella sulle barriere naturali nei dintorni. Comunque, il potenziale di associazione in termini di densità individuale ed inoltre, presumibilmente, di biomassa e produzione è paragonabile a quello delle barriere naturali.

I. MORENO, J. MORANTA, J. COLL, O. REÑONES

Marine Biology, Biology Department, Universitat de les Illes Balears - 07071 Palma, Spain.

EFFECTS OF SUBSTRATA ON THE ARTIFICIAL REEF FISH ASSEMBLAGE IN SANTA EULALIA BAY (IBIZA ISLAND, WESTERN MEDITERRANEAN)

The aim of the present work is to study the substrate effects on the artificial reef fish assemblage: species present, species richness, size pattern and colonisation.

The fish assemblage of an antitrawling and biomass enhancement artificial reef situated in Santa Eulalia Bay, East of Ibiza Island, Balearic Islands, 25m deep has been studied. It consists of 48 concrete boulders ($2,5 \times 2,5 \times 2$ m) arranged in groups of 4 to 6. Thirty two boulders were placed on *Posidonia oceanica* meadow and 16 on muddy sand substrate.

The data have been collected by visual censuses of 11 to 19 boulders, three times a year during two years. Species present, species richness, mean abundance and Shannon-Weaver diversity index has been calculated for each period and substrate as well as species richness and mean abundance for each spatial category suggested by Harmelin (1987).

The total number of species was 43, being the number of species on the boulders deployed on *Posidonia* meadows higher (39) than on the ones on bare sand (29). The mean specific richness is also significantly higher on the meadow, with a more marked difference in category 5 species. The mean abundance does not show great differences between substrata, except category 5 during the first year that was significantly higher on the meadow.

The two substrata differ in the relative abundance of individuals of the different categories: category 1 and 2 show a higher proportion on sand 88% than on meadow 77%, category 5 is less abundant on sand 11% than on the meadow 16% while the other categories show a very similar relative abundance in both cases.

Small size was more abundant in the meadow, specially individuals of category 5 and the medium class size was more abundant on sand.

The colonising process of the boulders by the fish also was different in both substrata, being significantly shorter on the meadow. After 20 months of the reef deployment 50% of the species were already present in the boulders on *Posidonia* meadow while there was only 38% on the boulders on sand.

EFFETTI DEL SUBSTRATO SULLE ASSOCIAZIONI DI PESCI DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE NELLA BAIÀ DI SANTA EULALIA (ISOLA DI IBIZA, MEDITERRANEO OCCIDENTALE)

Lo scopo del presente lavoro è di studiare gli effetti del substrato sulle associazioni ittiche della barriera artificiale: specie presenti, ricchezza di specie, andamento della dimensione e della colonizzazione.

E' stata studiata l'associazione di pesci di una barriera artificiale costruita contro la pesca a strascico e per l'aumento della biomassa situata nella Baia di Santa Eulalia, nell'est dell'isola di Ibiza, nelle Baleari, a 25 metri di profondità. E' formata da 48

blocchi di cemento armato ($2,5 \times 2,5 \times 2$ m) disposti in gruppi da 4 a 6. Trentadue blocchi sono stati disposti in una prateria di *Posidonia oceanica* e 16 su di un substrato di sabbia fangosa.

I dati sono stati raccolti con censimenti visivi di 11 fino a 19 blocchi, 3 volte l'anno per 2 anni. Per ogni periodo e substrato sono stati calcolati specie presenti, ricchezza in specie, abbondanza media e indice di diversità di Shannon-Weaver, ed anche ricchezza delle specie ed abbondanza media per ogni categoria spaziale indicata da Harmelin (1987).

Il numero totale di specie era 43, essendo il numero delle specie sui blocchi posti nelle praterie di *Posidonia* maggiore (39) di quelli sulla sabbia (29). Anche la ricchezza specifica media è significativamente alta nella prateria, con una più marcata differenza nelle specie della categoria 5. L'abbondanza media non mostra grandi differenze tra i substrati, tranne la categoria 5 che nel primo anno era particolarmente alta nella prateria.

I due substrati differiscono nell'abbondanza relativa di individui delle differenti categorie: le categorie 1 e 2 mostrano una più alta percentuale sulla sabbia, (88%) rispetto alla prateria (77%), la categoria 5 è meno abbondante sulla sabbia, (11%) rispetto alla prateria (16%), mentre le altre categorie mostrano un'abbondanza relativa molto simile in entrambi gli ambienti.

Animali di piccole dimensioni erano più abbondanti nella prateria, specialmente individui della categoria 5, e quelli di dimensioni medie erano più abbondanti sulla sabbia.

Il processo di colonizzazione dei blocchi da parte dei pesci era anch'esso differente sui due substrati, significativamente più breve nella prateria. Dopo 20 mesi dall'immersione della barriera il 50% delle specie era già presente sui blocchi della prateria di *Posidonia* mentre c'era solo il 38% sui blocchi posti sulla sabbia.

J. RUIZ FERNÁNDEZ, J.M. GUTIÉRREZ ORTEGA, J.A. GARCÍA CHARTON, Á. PÉREZ RUZAFÁ

Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo - E-30100 Murcia, Spain.
Tel: 34 968 364985, E-mail: jcharton@fcu.um.es

SPATIAL CHARACTERIZATION OF SEAGRASS (*POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE) MEADOWS IN MEDITERRANEAN ARTIFICIAL REEFS (MURCIA, SE OF SPAIN).

The distribution and spatial structure of three seagrass *Posidonia oceanica* meadows protected with artificial reefs were studied in Murcia (SE Spain). Meadows were located at Cope Cape (CC), Mazarrón Bay (MB) and Palomas Island (PI), where heavy trawling frecuentation were common before protection. The aim of these studies was to assess the extent of the impacts of trawling on distribution and health of the *Posidonia oceanica* meadows, required for planning long-term monitoring studies designed to asses seagrass recovery within protected areas. Spatial distribution and structure of *P. oceanica* meadow were assessed in each locality by underwater survey and sampling along transects (ca. 500m distant one each other) arranged perpendicullary to shoreline; in each transect, upper and depth limits were localized and meadow structure was measured at depths of 5, 10, 15, 20 and 25 m with the appropriate parameters. These parameters were shoot density within living seagrass patchs (shoots 400 cm⁻², 3 replicates) and patch cover (% , 2 replicates), which in turn were used to calculate the mean global shoot density (GSD, shoots m⁻²). Mean GSD was extrapolated from sampling points mesh to the rest of the meadow using authomatic methods of spatial interpolation (kriging). Mean values of GSD were compared whit those recorded in previous studies at undisturbed (control), well developed, nearby meadows using 1-way ANOVA ($P<0.05$); significant reductions in mean GSD allowed us to identify disturbed spatial structure, and thus quantification of the disturbed meadow surfaces was possible.

A highly appreciable surface of disturbed meadow was estimated for CC (36,5%) and MB (33.2%) but was negligible in PI meadow (5%). Sharp rocky cliffs and very pronounced continental self slope in PI prevent seagrass colonization beyond 200 meters from shoreline, while avoiding the approach of trawling vessels to shore, therefore minimizing the impacts on seagrass. GSD mean values were high and similar to those reported for undisturbed meadows in PI throughout depth rank; however, mean GSD in CC and MB meadows showed a strong departement from spatial patterns described for undisturbed *P. oceanica* meadows in relation to natural depth gradients. We observed a significant and sudden decrease in mean GSD in the deep meadow, from the 15 m and 20 m isobaths in MB and CC, respectively, mainly due to a drastic reduction of seagrass cover, where living meadow was substituted by a large extension of dead rhizomes. Trawling impact was identified as the main cause of the regression of *P. oceanica* meadow in CC and MB. Meadow degradation was stronger in MB, where ca. 16% of the former seagrass meadow has completely dissapeared in the deepest parts of the bay and dead rhizomes were observed buried by a very silty sediment layer. Local interactions between trawling impacts and those associated with coastal works and sediment run-off from land might contribute to enhance seagrass decline in MB.

CARATTERIZZAZIONE SPAZIALE DELLA FANEROGAMA (*POSIDONIA OCEANICA* (L.) DELILE) NELLE BARRIERE ARTIFICIALI DEL MEDITERRANEO (MURCIA, SPAGNA SUD-ORIENTALE)

La distribuzione e la struttura spaziale di tre praterie di *Posidonia oceanica* protette da barriere artificiali sono state studiate a Murcia (Spagna sud-orientale). Le praterie sono situate presso Capo Cope (CC), Baia di Mazarrón (MB) ed isola di Palomas (PI), dove prima della protezione era frequente una pesante attività di strascico. Lo scopo di questi studi è quello di valutare l'estensione dell'impatto dello strascico sulla distribuzione e sullo stato di salute delle praterie di *Posidonia oceanica*, necessarie per pianificare studi di monitoraggio a lungo termine al fine di determinare il recupero delle praterie all'interno di aree protette. La distribuzione spaziale e la struttura della prateria di *Posidonia oceanica* sono state studiate in ogni località mediante osservazioni subacquee e campionamenti lungo transetti (distanti l'uno dall'altro ca. 500 m) disposti perpendicolarmente alla linea di costa; in ogni transetto sono stati individuati i limiti superiore ed inferiore e la struttura della prateria è stata valutata alle profondità di 5, 10, 15, 20 e 25 m con i parametri adatti. Questi parametri erano la densità dei ciuffi all'interno delle chiazze di *Posidonia* in buona salute (ciuffi/400 cm², 3 repliche) e copertura della chiazza (%; 2 repliche), che sono state usate a loro volta per calcolare la densità media globale dei ciuffi (GSD, ciuffi /m²).

Il GSD medio è stato estrapolato da un reticolo di punti di campionamento rispetto al rimanente della prateria utilizzando il metodo automatico dell'interpolazione spaziale (kriging). I valori medi di GSD sono stati confrontati con quelli registrati in precedenti studi in siti non disturbati (di controllo), ben sviluppati, adiacenti alle praterie utilizzando ANOVA 1-via ($P < 0.05$); diminuzioni significative nel GSD medio consentono di identificare strutture spaziali disturbate, e perciò rendono possibile la quantificazione della superficie delle praterie disturbate.

Una consistente superficie di prateria disturbata è stata riscontrata in CC (36.5%) e MB (33.2%), mentre era irrilevante in PI (5%). Scogliere rocciose ripide ed una scarpata continentale molto pronunciata in PI hanno evitato la colonizzazione da parte della *Posidonia* al di là di 200 metri dalla costa e contemporaneamente impediscono l'accesso alla costa ai pescherecci a strascico, minimizzando così il loro impatto sulla prateria. I valori medi di GSD erano elevati e simili a quelli riportati per le praterie di controllo in PI per tutti gli intervalli di profondità; tuttavia, il GSD medio presso le praterie di CC e MB hanno mostrato una certa diversità dagli schemi spaziali descritti per le praterie di *Posidonia oceanica* indisturbate in relazione al naturale gradiente di profondità. È stata osservata una diminuzione significativa e improvvisa nel GSD medio nella prateria profonda, dalle isobate dei 15 e dei 20 m presso MB e CC rispettivamente, soprattutto dovuta ad una drastica riduzione della copertura delle piante, dove la prateria in buona salute è stata sostituita da una grande estensione di rizomi morti. L'impatto dello strascico è stato identificato come la principale causa della regressione della prateria di *P. oceanica* in CC e MB. La degradazione della prateria era più evidente in MB, in cui circa il 16% della precedente prateria è completamente scomparsa nelle zone più profonde della baia e si sono notati rizomi morti ricoperti da uno strato di sedimento fangoso. Le interazioni locali tra l'impatto dello strascico e quello legato ai lavori sulla costa ed ai sedimenti provenienti da terra possono contribuire ad aumentare il declino della prateria presso MB.

T.A. WILDING, M.D.J. SAYER

Centre for Coastal and Marine Sciences, Dunstaffnage Marine Laboratory, PO Box 3, Oban, Argyll PA34 4AD,
UK. Tel: +44 (0)1631 567814, E-mail: tomw@ccms.ac.uk

EVALUATING ARTIFICIAL REEF PERFORMANCE: APPROACHES TO PRE-DEPLOYMENT RESEARCH (EVALUATION OF REEF PERFORMANCE)

The deployment of large man-made structures in the marine environment has potential for causing significant hydrographical and biological changes. Often the ability to determine such changes has been compromised by the lack of pre-deployment data. The Loch Linnhe artificial reef is a 50.000 tonnes reef complex that is proposed for deployment in the year 2000. Baseline data, designed to allow the determination of reef impacts, is currently being generated. Hydrographical data includes a detailed assessment of tidal current dynamics over the spring-neap tidal cycle. Sedimentological research includes large-scale remote acoustic surveys coupled with sediment granulometric analysis. Seasonal changes in oxygen levels through the sediment column have also been determined. The existing biological community at the proposed site is being assessed through monthly diver observation and remote sediment grab sampling. These data sets will allow for a comprehensive evaluation of reef performance to be made as well as the determination of the hydrographical and biological impacts of such a deployment.

VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DELLE BARRIERE ARTIFICIALI: APPROCCIO ALLA RICERCA PRE-IMMERSIONE

L'immersione di grandi strutture artificiali nell'ambiente marino ha la possibilità di provocare significative modificazioni idrografiche e biologiche. Spesso, la capacità di determinare questo tipo di cambiamenti è stata compromessa dalla mancanza di dati precedenti all'immersione.

La barriera artificiale di Loch Linnhe è un complesso di barriere di 50.000 tonnellate proposto per l'immersione nell'anno 2000. I dati di base previsti per determinare l'impatto della barriera si stanno attualmente raccogliendo. I dati idrografici comprendono una valutazione dettagliata della dinamica delle correnti di marea durante il ciclo della marea minima primaverile. La ricerca sedimentologica comprende un'analisi acustica su larga scala appaiata ad un'analisi granulometrica dei sedimenti. Sono inoltre state determinate le variazioni stagionali delle concentrazioni di ossigeno attraverso la colonna dei sedimenti. La comunità biologica esistente nel sito proposto è stata valutata tramite osservazioni subacquee mensili e con campionamenti di sedimento effettuati con benna.

Questa serie di dati consente una valutazione globale della prestazione della barriera che si vuole costruire, così come una valutazione dell'impatto idrografico e biologico della struttura immersa.

T.A. WILDING, M.D.J. SAYER, K. LARSON*

Centre for Coastal and Marine Sciences, Dunstaffnage Marine Laboratory, PO Box 3, Oban, Argyll PA34 4AD,
UK. Tel: +44 (0)1631 567814, E-mail: tomw@ccms.ac.uk

*Yeoman (Morvern) Ltd., Glensander Quarry Operations, Rhugh Garbh Depot, Barcaldine, Oban PA37 1SE, UK.

THE MANUFACTURE OF ARTIFICIAL REEF BLOCKS USING QUARRY BY-PRODUCTS (ARTIFICIAL SUBSTRATA REEFS)

Construction materials are the major expense in large-scale artificial reef development. The utilisation of low-value by-products in the manufacture of artificial reef blocks has the potential to significantly reduce costs. However, such blocks have to be shown to be viable in terms of their structural and chemical stability, ease of production and cost. Depending on the desired reef properties the ability to form shapes in the concrete may also be a requirement.

This paper details how low-value aggregate by-products have been utilised to produce a range of cost-effective concrete blocks of a high physical and chemical specification. Strength development depended on the grade of the by-product being used. The chosen block mixture has a compressive strength of 14.0 N/mm² (ca. 5 times the British Standard for blocks used in construction).

Coal fly ash, an essential component due to its pozzolanic characteristics, contains trace metals of environmental concern. The potential for the leaching of these metals has been monitored using induction-coupled plasma mass spectrometry and has shown the blocks to be chemically inert.

FABBRICAZIONE DI BLOCCHI PER BARRIERE ARTIFICIALI UTILIZZANDO MATERIALI DI SCARTO DI CAVA

I materiali da costruzione sono la spesa più grande nello sviluppo di barriere artificiali su larga scala. L'utilizzo di sottoprodotti di scarso valore nella fabbricazione dei blocchi per le barriere artificiali ha la capacità di ridurre significativamente i costi. Tuttavia, occorre dimostrare che questo tipo di blocchi è utilizzabile in termini della loro stabilità chimica e strutturale, con alleggerimento della produzione e dei costi. A seconda delle proprietà richieste dalla barriera, può anche essere un requisito la possibilità di creare diverse forme solide.

Questo lavoro mostra in dettaglio come gli aggregati di sottoprodotti a basso costo siano stati utilizzati per produrre una serie di blocchi di cemento economicamente convenienti con un'elevata specificità fisica e chimica. Lo sviluppo della consistenza del manufatto dipende dal tipo di sottoprodotto utilizzato. La miscela di blocchi scelta ha una resistenza di compressione di 14,0 N/mm² (circa 5 volte lo standard inglese per i blocchi utilizzati nelle costruzioni).

Le ceneri leggere di carbone, una componente essenziale grazie alle sue caratteristiche pozzolaniche, contiene metalli in traccia preoccupanti per l'ambiente. Il potenziale per la lisciviazione di questi metalli è stato monitorato utilizzando la spettrometria di massa del plasma accoppiato all'induzione e ha mostrato come i blocchi siano chimicamente inerti.

G.D. ARDIZZONE, A. BELLUSCIO

Dipartimento di biologia Animale e dell'Uomo, Università di Roma "La Sapienza", V.le dell'Università, 32
00185 Roma, Italy. Tel: +39 06 49914773, E-mail: ardiz@pan.bio.uniroma1.it

ARTIFICIAL HABITATS FOR FISHERY RESTOCKING IN OLIGOTROPHIC WATERS (PONZA ISLAND, CENTRAL TYRRHENIAN SEA)

In 1991 an experimental initiative was realised in the Ponza island coastal waters to verify a series of hypothesis to favour the local fishery in sight of the institution of the Marine Park of the Pontine islands. In particular, a scope was to estimate, in oligotrophic waters, the effectiveness of artificial substrata to create new "fishing lands" towards which to move the activity of the fishermen working in naturalistically interesting and fragile marine areas. Ulterior scope of the research was to try to comprise the ecological mechanisms that link a fish community to one determined artificial structure. This paper describe the dynamics and the patterns of colonisation of the zoobenthos and of the fish population of the three experimental artificial habitats of the Ponza island, over a five year period from the beginning of the colonisation process.

The temporal evolution of the epibenthic communities was studied by periodic samples collected by scuba diving at seasonal intervals. The fish assemblages were studied by scuba diving using "point count" and "transect" visual census methodologies.

The Ponza artificial habitats are of original design and purposely planned. They are constituted from cement modular elements assembled to form 10 structures, each of the dimensions of 3×2 m of side, one meter height and 5 cubic meters. The artificial structures have been deployed in the summer of 1991 in three different places of Ponza, each with different depth and ecological characteristic (39m depth beyond the inferior limit of a *Posidonia* bed, 27m depth on sandy bottom, 30m depth on died matte of *Posidonia*).

The zoobenthonic community of the Ponza artificial substrata, five years after the immersion, show different conditions, probably not still definitive. The differences observed between the communities can be ascribed to the different environmental situations: the currents and the instability of sediment, the activity of grazing of echinoderms, the depth.

In the period of the research a total of 30 fish species were identified. Approximately the half of this species are benthic dwellers that prefer physical contact with the reefs or are species living surround the reefs without direct contact with them for the greater part of the biological cycle; the other half only occasionally attends artificial substrata for limited periods. The fish assemblage is quite similar, at least from the qualitative point of view, to those observed in analogous experiences and situations in the Mediterranean Sea. Similar to benthic communities, the fish communities of each of the three sites are characterised from typical sets of species and this means that they are assuming very determined and characteristic connotations.

The results testified the effectiveness of the artificial habitats in attracting fish species in the oligotrophic waters of Ponza island, even if, probably, the period of immersion is not still sufficient for the formation of stable and mature communities. Several biological factors, like the behaviour of the species and the interspecific competitions, and abiological factors, like the dimensions and the shapes of the employed artificial substrata, considerably contribute to determine the colonisation patterns of the artificial substrata. It is not still possible to assert if the fish communities of the Ponza artificial

structures have reached an equilibrium steady state, marked, from the attainment of the maximum number of species according to the dimensions and the shape of the structures. Nevertheless, in the last periods of surveying, it has been recorded a lessening in the increments of the richness index and this is probably a sign of the beginning of a stability state.

HABITAT ARTIFICIALI PER IL RIPOPOLAMENTO ITTICO IN ACQUE OLIGOTROFICHE (ISOLA DI PONZA, MAR TIRRENO CENTRALE)

Nel 1991 un'iniziativa sperimentale è stata realizzata nelle acque costiere dell'Isola di Ponza per verificare una serie di ipotesi in favore delle attività di pesca locale in vista dell'istituzione del Parco Marino delle Isole Pontine.

In particolare uno scopo era quello di valutare, in acque oligotrofiche, l'efficienza di substrati artificiali per creare nuove aree di pesca verso le quali muovere l'attività dei pescatori che lavorano in aree marine fragili e di interesse naturalistico. Scopo ulteriore della ricerca era quello di cercare di comprendere il meccanismo ecologico che lega una comunità di pesci ad una determinata struttura artificiale. Questo lavoro descrive la dinamica e il modello della colonizzazione dello zoobenthos e della popolazione di pesci nei tre habitat artificiali dell'Isola di Ponza, durante un periodo di cinque anni dall'inizio del processo di colonizzazione.

L'evoluzione temporale della comunità epibentonica è stata studiata mediante campionamenti periodici eseguiti tramite immersioni subacquee a intervalli stagionali. Le associazioni di pesci sono state studiate mediante immersioni subacquee utilizzando "point count" e transetti come metodologie di censimento visivo.

Gli habitat artificiali di Ponza sono di disegno originale e appositamente studiati. Sono costituiti da elementi modulari di cemento assemblati a formare 10 strutture, ognuna delle dimensioni di 3×2 m di lato, alte un metro e con il volume di 5 metri cubi. Le strutture artificiali sono state immerse nell'estate 1991 in tre differenti zone di Ponza, ognuna con diversa profondità e caratteristiche ecologiche (39 m sotto il limite inferiore della *Posidonia*, 27 m su fondo sabbioso e 30 m su una matte morta di *Posidonia*).

La comunità zoobentonica dei substrati artificiali di Ponza, cinque anni dopo l'immersione, mostra differenti condizioni, probabilmente non ancora definitive. Le differenze osservate tra le comunità possono essere dovute alle diverse condizioni ambientali: le correnti e l'instabilità del sedimento, l'attività di pascolo degli echinodermi, la profondità.

Nel periodo della ricerca un totale di 30 specie di pesci è stato identificato. Approssimativamente la metà di queste sono specie bentoniche che preferiscono il contatto fisico con le barriere o sono specie che vivono attorno alle barriere senza diretto contatto con esse per gran parte del ciclo vitale; l'altra metà frequenta solo occasionalmente i substrati artificiali per periodi limitati. L'associazione di pesci è abbastanza simile, almeno dal punto di vista qualitativo, a quelle osservate in esperimenti e situazioni analoghe in Mediterraneo. Simili alle comunità bentoniche, le comunità di pesci di ognuno dei tre siti sono caratterizzate da precise associazioni di specie, il che significa che hanno assunto connotati ben determinati e caratteristici.

I risultati testimoniano l'efficacia degli habitat artificiali nell'attrarre specie di pesci

nelle acque oligotrofiche dell'Isola di Ponza, anche se, probabilmente, il periodo di immersione non è ancora sufficiente per la formazione di comunità stabili e mature. Molti fattori biologici, come il comportamento delle specie e la competizione interspecifica, e fattori abiotici come le dimensioni e le forme dei substrati artificiali impiegati, contribuiscono considerevolmente a determinare gli schemi di colonizzazione dei substrati artificiali. Non è ancora possibile affermare se le comunità di pesci delle strutture artificiali di Ponza abbiano raggiunto un equilibrio stabile evidenziabile dal raggiungimento del numero massimo di specie in relazione alla dimensione e alla forma delle strutture. Ciononostante, nell'ultimo periodo di campionamento è stata registrata una diminuzione nell'aumento dell'indice di ricchezza specifica e questo è probabilmente un segno dell'inizio di uno stato di stabilità.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 276-277

F. BACCHIOCCHI, V.U. CECCHERELLI, A. LAMBERTI*, E. DREI*

Scienze Ambientali, Via Tombesi dall'Ova, 55 - 48100 Ravenna, Italy.

*DISTART Idraulica, Viale del Risorgimento, 2 - 40136 Bologna, Italy.

Fax: +39-51-6448346, E-mail: drei@ambra.unibo.it

ANALYSIS OF THE BENTHIC COMMUNITY IN TWO AREAS PROTECTED BY STONE REEF BARRIERS

A large part of North Adriatic sea is interested by a strong erosion. So several stone reefs were constructed near Ravenna city to protect the coast. Barriers represent in the sandy coast a new habitat, potentially increasing biodiversity, that is in any case worth to be studied.

The objective of the study is to analyse the benthic community, both in the protected beach, down to 1 m depth, and on the barrier for two different structures. The first structure was built in 1980 as an emerging barrier. The second structure was built in 1995 as a submerged stone reef. Both structures are parallel to the shore and placed about 150 meters far from the beach. In the second structure, after the reef construction, a 74000 m³ sand nourishment was carried out.

The experimental work was organised as follows:

- benthic's samples were taken in the protected beach and in the adjacent unprotected areas, in three representative points along the two study zones;
- benthic community species were recognised and counted;
- samples and analyses on the reef community is under way;
- appropriate statistic analysis of the benthic community aiming to point out significative species and typical time and space variations.

Two community types were observed in the beach. In the first structure we have a mature community with a great number of *Polychaeta* group (they live within the sand). In second structure we have a young community with a great number of pioneer specie *Lentidium mediterraneum* (Bivalvia).

The communities seem to change some of its species in order to adapt itself to the new habitat.

ANALISI DELLA COMUNITA' BENTONICA IN DUE AREE PROTETTE DA BARRIERE DI MASSI DI PIETRA

Una grossa parte del Mare Adriatico settentrionale è interessata da una forte erosione. A causa di ciò sono state costruite numerose barriere con massi di roccia vicino alla città di Ravenna per proteggere la costa. Le barriere rappresentano, all'interno della costa sabbiosa, un nuovo habitat, potenzialmente in grado di aumentare la biodiversità, che in ogni caso merita di essere studiato.

L'obiettivo dello studio è quello di analizzare la comunità bentonica, sia nelle spiagge protette, fino a 1 m di profondità, sia sulle barriere per due strutture differenti.

La prima struttura è stata costruita nel 1980 come barriera emersa. La seconda è stata costruita nel 1995 ed è una barriera rocciosa sommersa. Entrambe le strutture sono parallele alla costa e localizzate a circa 150m dalla spiaggia. Nella seconda struttura, dopo l'edificazione della barriera, è stato creato un riempimento di 74.000 m³ di sabbia.

Il lavoro sperimentale era organizzato come segue:

- i campioni bentonici sono stati presi nella spiaggia protetta e nelle aree adiacenti non protette, in tre punti rappresentativi lungo le due zone di studio;
- le specie della comunità bentonica sono state identificate e contate;
- i campioni e le analisi sulla comunità di barriera sono in corso;
- sono state fatte appropriate analisi statistiche della comunità bentonica con lo scopo di individuare le specie significative e le variazioni spaziali e temporali tipiche.

Sono stati osservati due tipi di comunità sulla spiaggia. Nella prima struttura si ha una comunità matura con un gran numero di Policheti (che vivono all'interno della sabbia). Nella seconda struttura si ha una comunità giovane con un gran numero di specie pioniere *Lentidium mediterraneum* (Bivalvia).

Sembra che le comunità modifichino alcune specie allo scopo di adattarsi al nuovo habitat.

F. BADALAMENTI, G. D'ANNA, M. GRISTINA, C. PIPITONE, R. PARISI*

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Laboratorio di Biologia Marina, IRMA, Via G. da Verrazzano, 17 – 91014
Castellammare del Golfo, Italy. Tel: 0039 924 35013

*CREA, Via E. Amari, 8 - Palermo, Italy.

INFLUENCE OF THE ALCAMO MARINA ARTIFICIAL REEF (N/W SICILY, ITALY) ON THE ADJACENT SOFT BOTTOM AREA

The deployment of artificial reefs can alter pristine soft bottom communities and can produce alterations in sediment-size distribution, silting rate, sediment organic content and benthic structure. The few studies carried out on this subject have given controversial results.

We report the results of a study carried out on the pyramid-shaped structures forming the Alcamo Marina artificial reef in the Gulf of Castellammare, an oligotrophic area. The influence of the reef, 10 years after its deployment, on both sediment texture and the infaunal community of the adjacent area was investigated.

After a presurvey, a random stratified sampling design was chosen. The area surrounding the pyramid was divided into concentric strata at distances of 0,5, 3, 5 and 15 m from the pyramid edges (15 m distance used as control area) and then divided further into four quadrants corresponding to the four sides of the pyramid. Two quadrants, one facing NE and the other SW, were chosen for the benthic community and biomass assessments and six random samples were collected from each stratum. For the sediment texture analysis all four quadrants were sampled. Samples were collected in Autumn 1994 at approximately 18 m depth. Grain-size distribution and organic content of sediments were analysed. Macrofauna from benthic samples was sorted and counted and weighed as wet weight. Common indices of community structure were calculated and samples from each stratum of each quadrant were pooled for cluster analysis.

Organic matter content varied from 6 mg AFDW/g DW of sediment in the outermost stratum to 87 mg AFDW/gDW in the innermost stratum and percentage of silt from 36% to about 1% respectively. Grain size distribution and organic content were found to be significantly different between the four quadrants. Within each quadrant, significant differences were observed in only two, with the differences explained by the innermost stratum (0,5 m). No significant differences were detected in the individual density or biomass density of the infaunal community within and between the two quadrants. Average values ranged from 167 to 264 individuals/m² and from 0.4 to 4.8 g/m².

Cluster analysis showed all the strata grouped together. The indices of community structure did not differ between the two quadrants, but revealed significant differences within each quadrant between the first stratum (0,5) and the more external ones.

The Alcamo Marina artificial reef was found to only partially affect the adjacent soft bottom. The most important factor seems to be the bottom current, which sweeps sediment from two sides of the pyramid and accumulates it on the other side. Such an effect was observed only up to 0,5 m from the reef edge and mainly regarded the sediment parameter, the benthic community being affected to a lesser extent. The fact that neither biomass density nor individual density were found to be altered could be explained by the extremely low biomass of both the benthic and fish assemblages of the Alcamo Marina artificial reef, as has been reported in previous studies.

INFLUENZA DELLA BARRIERA ARTIFICIALE DI ALCAMO MARINA (SICILIA NORD OCCIDENTALE, ITALIA) SULLE ZONE ADIACENTI A FONDO MOLLE

L'immersione di barriere artificiali può alterare le originarie comunità bentoniche di fondo molle e può produrre alterazioni nella distribuzione della granulometria del sedimento, nel tasso di sedimentazione, nel contenuto organico del sedimento e nella struttura bentonica. I pochi studi eseguiti su questo argomento hanno fornito dati contrastanti.

Sono riportati i risultati di uno studio effettuato sulle strutture piramidali che formano la barriera artificiale di Alcamo Marina nel Golfo di Castellammare, un'area oligotrofica. È stata studiata l'influenza della barriera, 10 anni dopo la sua immersione, sia sulla composizione dei sedimenti sia sull'infauna dei sedimenti delle aree adiacenti.

Dopo un preesame, è stato scelto uno schema di campionamento casuale stratificato. L'area circostante le piramidi è stata suddivisa in strati concentrici a distanza di 0,5, 3, 5 e 15 m dalla cima della piramide (la distanza di 15 m è stata usata come area di controllo) e quindi suddivisa ulteriormente in quattro quadranti corrispondenti ai quattro lati della piramide. Due quadranti, uno volto a nord-est e l'altro a sud-ovest, sono stati scelti per la valutazione della comunità bentonica e della biomassa e sono stati raccolti sei campioni casuali per ogni strato. Per l'analisi della tessitura dei sedimenti sono stati campionati tutti i quattro quadranti. I campioni sono stati raccolti nell'autunno 1994 a circa 18 m di profondità. È stata analizzata la distribuzione granulometrica e il contenuto organico dei sedimenti. La macrofauna dei campioni bentonici è stata suddivisa, contata e pesata come peso umido. Sono stati calcolati i comuni indici per la struttura della comunità e i campioni provenienti da ogni strato di ogni quadrante sono stati raggruppati per l'analisi dei cluster.

Il contenuto di materia organica varia da 6 mg AFWD/gDW di sedimento nello strato più esterno a 87 mg AFWD/gDW nello strato più interno e la percentuale di limo va da 36% a 1% rispettivamente. La distribuzione granulometrica e il contenuto organico sono significativamente diversi nei quattro quadranti. All'interno di ogni quadrante, soltanto in due è stata riscontrata una diversità significativa, con differenze più chiare nello strato più interno (0,5 m). Non sono state riscontrate differenze significative nella densità di individui o nella biomassa dell'infauna nello stesso o tra i due quadranti. I valori medi spaziano tra 167 e 264 individui/m² e da 0,4 a 4,8 g/m². L'analisi dei cluster ha mostrato tutti gli strati raggruppati. Gli indici della struttura della comunità non sono diversi tra i due quadranti, ma rivelano differenze significative all'interno di ogni quadrante tra il primo strato (0,5 m) e quelli più esterni.

La barriera artificiale di Alcamo Marina condiziona solo parzialmente i fondi molli adiacenti. Il fattore più importante sembra essere la corrente di fondo, che sposta i sedimenti da due lati della piramide e li accumula dall'altra parte. Un tale effetto è stato notato soltanto a partire da 0,5 m dal bordo della barriera e riguarda soprattutto i parametri del sedimento, poichè la comunità bentonica è meno influenzata. Il fatto che né la biomassa né la densità degli individui sembrano alterati può essere spiegato dalla biomassa estremamente ridotta sia dell'associazione di pesci sia di quella bentonica della barriera artificiale di Alcamo Marina, come è stato riferito in precedenti studi.

J.T. BAYLE, A.A. RAMOS

Unidad de Biología Marina, Depto. de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Universidad de Alicante.
POB 99, 03080 Alicante, Spain. E-mail: bayle@cam.ua.es.

FISH ASSEMBLAGE ASSOCIATED TO AN ALVEOLAR ARTIFICIAL REEF
IN THE MARINE RESERVE OF TABARCA
(ALICANTE, SPAIN, SW MEDITERRANEAN):
TEMPORAL DYNAMICS AND SUCCESSIONAL TRENDS

The experimental artificial reef of Tabarca (EART) was designed and installed to halt illegal trawl fishing, and to provide alternative fishing grounds to the artisanal fleet.

The fish assemblage was studied by means of visual census, quarterly between February 1990 and August 1992, in order to assess the community structure and the successional trends.

The results show a community structure conditioned by the design and location of the artificial reef. The temporal dynamics of the whole assemblage was fluctuating and few predictable; the resident assemblage tended to increase the complexity of the community. The results of applying the island biogeographic theory agree with the observed data.

The results of this study indicate that the EART would not be usable for fishery purposes and the three years closed for fisheries is not enough to allow the development of a structured community.

*COMUNITA' DI PESCI ASSOCIATE AD UNA BARRIERA ARTIFICIALE
ALVEOLARE NELLA RISERVA MARINA DI TABARCA
(ALICANTE, SPAGNA, MEDITERRANEO SUD-OCCIDENTALE):
DINAMICA TEMPORALE E ANDAMENTO DELLA SUCCESSIONE*

La barriera artificiale sperimentale di Tabarca (EART) è stata progettata e installata per impedire la pesca a strascico illegale, e per fornire luoghi di pesca alternativi alla flottiglia artigianale.

L'associazione di pesci è stata studiata per mezzo di censimenti visivi trimestrali tra il febbraio 1990 e l'agosto 1992, allo scopo di valutare la struttura della comunità e l'andamento della successione. I risultati mostrano una struttura della comunità condizionata dalla tipologia e dalla posizione della barriera artificiale. La dinamica temporale dell'intera associazione era fluttuante e poco prevedibile; l'associazione residente tende ad aumentare la complessità della comunità. I risultati dell'utilizzo della teoria delle isole biogeografiche sono in accordo con i dati osservati.

I risultati di questo studio indicano che la EART non può essere utilizzata a scopo di pesca e i tre anni di chiusura della pesca non sono sufficienti per consentire lo sviluppo di una comunità strutturata.

J.T. BAYLE, A.A. RAMOS, M. ZABALA*

Unidad de Biología Marina, Depto. de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Universidad de Alicante.
POB 99 - 03080 Alicante, Spain. E-mail: bayle@cam.ua.es.

*Dept. d'Ecologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, Avda. Diagonal, 645 08028 Barcelona, Spain.

ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF THE EXPERIMENTAL ARTIFICIAL REEF OF TABARCA (ALICANTE, SPAIN, SW MEDITERRANEAN): COMPARISON OF THE ARTIFICIAL STRUCTURES WITH A NATURAL ROCKY AND SEAGRASS BOTTOMS

The efficiency of the experimental artificial reef of Tabarca (EART) was studied by means of comparing it with a rocky and *Posidonia oceanica* seagrass bed bottoms. Density, species number, diversity and biomass show that the EART, as an ecological structure, is located among the natural rocky bottoms and the *P. oceanica* seagrass beds, with a tendency to resemble to natural rocky bottoms as time increase.

The multivariate analysis of the fish assemblage indicated the importance of the habitat complexity in structuring the community.

VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DELLA BARRIERA ARTIFICIALE Sperimentale di TABARCA (ALICANTE, SPAGNA, MEDITERRANEO SUD-OCCIDENTALE): CONFRONTO DELLE STRUTTURE ARTIFICIALI CON UN FONDALE ROCCIOSO NATURALE E UNO A FANEROGAME

L'efficacia della barriera artificiale sperimentale di Tabarca (EART) è stata studiata per mezzo di un confronto con un fondale roccioso e uno con un letto della fanerogama *Posidonia oceanica*. La densità, il numero di specie, la diversità e la biomassa mostrano che l'EART, una struttura ecologica, è situata tra i fondali rocciosi naturali e i letti della fanerogama *P. oceanica*, con la tendenza ad assomigliare ai fondali rocciosi naturali con il passare del tempo.

L'analisi multivariata dell'associazione di pesci indica l'importanza della complessità dell'habitat per strutturare una comunità.

F. BORDES, D. COELLO*, M.D. OJEDA*

Instituto Canario de Ciencias Marinas, Taliarte - 35200 Telde, Gran Canaria, Spain.

*Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación (Viceconsejería de Pesca), Gobierno de Canarias, Edif. Usos Múltiples - 35003 Las Palmas, Spain. E-mail: fbordes@iccm.rcanaria.es

SMALL-SCALE SYSTEMATIC ECHOSURVEYS FOR ESTIMATING FISH DENSITY IN THREE ARTIFICIAL REEF AREAS OFF LANZAROTE AND GRAN CANARIA (CANARY ISLANDS).

A series of acoustic surveys were carried out with support from the Canary Island Government to assess the effects of the installation of three artificial reefs. One reef is located in the south of Gran Canaria covering an area of 0,1 nm² at a depth of 19 m. The other two reefs are situated at the eastern coast of Lanzarote island covering 0,1 nm² at 20 m depth and 0,03 nm² at 22 m depth respectively.

The accumulated echo intensity was measured inside the reef area and in the surroundings at distances of 0,2 nm and at 2 m depth intervals. Estimates of abundance and biomass of fishes were derived based on the acoustic data and simultaneous fish collections performed during the acoustic survey.

Day/night differences in fish behaviour are described based on the acoustic data gathered during surveys carried out in daylight and repeated during night at the same localities.

Our study provides preliminary evidence that systematic acoustic assessment of shallow hard bottom areas is a reliable tool for monitoring artificial reef development.

SISTEMATICI ECORILEVAMENTI DI PICCOLA SCALA PER VALUTARE LA DENSITA' DEI PESCI DI TRE BARRIERE ARTIFICIALI AL LARGO DI LANZAROTE E GRAN CANARIA (ISOLE CANARIE)

Una serie di rilevamenti acustici sono stati fatti con il sostegno del Governo delle Isole Canarie per valutare gli effetti dell'immersione di tre barriere artificiali. Una barriera è situata a sud di Gran Canaria e ricopre un'area di 0,1 mn² ad una profondità di 19 m. Le altre due barriere sono situate presso la costa orientale dell'isola di Lanzarote e ricoprono 0,1 mn² a 20 m di profondità e 0,03 mn² a 22 m rispettivamente.

L'intensità dell'eco accumulata è stata misurata all'interno della barriera e nei paraggi, a distanza di 0,2 mn² e ad intervalli di 2 m di profondità. Le stime dell'abbondanza e della biomassa dei pesci sono state dedotte dai dati acustici e da campionamenti simultanei di pesci svolti durante i rilevamenti acustici.

Le differenze notte/giorno nel comportamento dei pesci sono descritte basandosi sui dati acustici raccolti durante i rilevamenti condotti nelle ore di luce e ripetuti durante la notte nelle stesse località.

Il presente lavoro fornisce una prova preliminare che la valutazione acustica sistematica di aree con basso fondale duro è uno strumento efficace per monitorare lo sviluppo delle barriere artificiali.

E.A. BUCHARY, T.J. PITCHER, T. HUTTON

Fisheries Centre, University of British Columbia, 2204 Main Mall, Vancouver, B.C., V6T 1Z4, Canada.
Tel 604-822 1864, E-mail: Eny@fisheries.com

APPLICATION OF MARINE ECOSYSTEM MODELLING TO ARTIFICIAL REEF DEPLOYMENT STUDIES ECOSPACE: A DEMONSTRATION

An ecosystem-based model is demonstrated as a tool for the evaluation of artificial reef deployment and the results are illustrated on a personal computer (PC) with the model software: Ecospace. The technique relies on constructing a mass-balance ecosystem model using Ecopath, an approach that is based on tropho-dynamic interactions. This is followed by Ecospace simulations, which allows users to make forecasts of spatially explicit alternative scenarios.

Thus, the effects of simulated changes in habitat structure and resource exploitation can be observed on a decadal time scale, providing spatial biomass patterns for each model group ranging from phytoplankton to reef-associated fish assemblages and marine mammals. The impacts on the ecosystem of artificial reefs, closed areas and fishing zones are shown graphically.

Ecospace can provide some forecasts about the outcomes of alternative artificial reef deployment designs before policy decisions are made. Model uncertainties are discussed. The technique is demonstrated using a simplified ecosystem model and a real case study of artificial reef deployment in Hong Kong.

APPLICAZIONE DEI MODELLI DI ECOSISTEMI MARINI ECOSPACE AGLI STUDI PER L'IMMERSIONE DI BARRIERE ARTIFICIALI: UNA DIMOSTRAZIONE

È stato dimostrato che un modello basato sull'ecosistema è uno strumento per la valutazione dell'immersione delle barriere artificiali e i risultati sono utilizzati su di un personal computer (PC) con il programma Ecospace. La tecnica si basa sulla costruzione di un modello di ecosistema a massa bilanciata tramite Ecopath, un approccio basato sulle interazioni trofo-dinamiche. Seguono poi le simulazioni con Ecospace, che consentono di fare previsioni sugli scenari alternativi spazialmente espliciti.

Perciò, gli effetti delle variazioni simulate nella struttura di un habitat e nello sfruttamento delle risorse possono essere osservate su scala decennale, fornendo schemi spaziali di biomassa per ogni gruppo di modelli a partire dal fitoplancton fino a raggruppamenti di pesci associati alle barriere e a mammiferi marini. Viene mostrato graficamente l'impatto delle barriere artificiali sull'ecosistema, le aree protette e le zone di pesca.

Ecospace può fornire alcune previsioni sui risultati di progetti alternativi di immersione delle barriere artificiali, prima che siano prese decisioni politiche. Viene discussa anche l'incertezza dei modelli. La tecnica è stata provata utilizzando un modello di ecosistema semplificato e un caso reale di immersione di una barriera artificiale a Hong Kong.

J.C. CHOJNACKI, M. RACZYŃSKA

University of Agriculture Department of Marine Ecology and Environmental Protection
Ul. K.Królewicza 4H, 71-550 Szczecin, Poland.

ECOLOGICAL EFFECT OF ARTIFICIAL REEF IN POMERANIAN BAY (BALTIC SEA)

Character of bottom and water salinity of Pomeranian Bay have huge influence to sample dimension diversity of bottom species. Mostly the bottom of Pomeranian Bay consists of mud and sand, and zoobenthos is dominated by infauna and epibenthos: *Mytilus edulis*. The activity of epibenthos contributes in the water self-cleaning effect.

Since 1990 in Pomeranian Bay have existed two sampling stations (Polygon I and Polygon II) with the artificial reefs made of hard concrete elements. Both stations are made of concrete pipes of diameter from 0,8 to 1,8 m and elastic constructions (car tires).

Such artificial substratum showed that it is an excellent habitat for *Mytilus edulis*, huge concentration of fishes and its larvae were noted as well.

At different types of construction were determined following factors : domination factor "c", Shannon's species diversity factor and regularity factor "e". These researches showed that the succession was different in inshore (Polygon I) and offshore (Polygon II) waters. At inshore waters was noted huge species diversity ($c_{aver.}=0.38$, $H_{aver.}=0.52$, $e_{aver.}=0.48$) with much density of *Mytilus edulis* and *Balanus improvisus* and bottom fauna (*Gammaridae*, *Isopoda*, *Polychaeta*, *Turbellaria*).

In biocenosis of offshore waters were noted high domination factor ($c_{aver.}=0.69$), low species diversity factor ($H_{aver.}=0.31$) and regularity factor ($e_{aver.}=0.32$). Such situation shows clear domination of both species of bottom fauna. The definite dominant species were: *Mytilus edulis* and *Balanus improvisus*.

EFFETTI ECOLOGICI DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE NELLA BAIA DI POMERANIA (MAR BALTICO)

Le caratteristiche del fondale e la salinità dell'acqua della Baia di Pomerania hanno una grande influenza sul campionamento della diversità delle specie di fondo. La maggior parte dei fondali della Baia di Pomerania sono fangosi o sabbiosi, e lo zoobenthos è dominato dall'infauna e dall'epibenthos: *Mytilus edulis*. L'attività dell'epibenthos contribuisce all'effetto auto-pulitore dell'acqua.

A partire dal 1990, nella Baia di Pomerania esistono due stazioni di campionamento (Polygon I e Polygon II) con barriere artificiali costituite da elementi duri in calcestruzzo. Entrambe le stazioni sono fatte da tubi di calcestruzzo di diametro variabile da 0,8 a 1,8 m e da strutture elastiche (pneumatici di automobili).

Questo tipo di substrato artificiale si è rivelato un habitat eccellente per *Mytilus edulis*, è stata inoltre notata una grande concentrazione di pesci e delle loro larve.

Presso i diversi tipi di costruzioni sono stati determinati i seguenti fattori: fattore di dominanza “c”, fattore di diversità delle specie di Shannon e fattore di regolarità “e”. Queste ricerche hanno mostrato che l’associazione risultava diversa sottocosta (Polygon I) da quella al largo (Polygon II). Nelle acque sottocosta è stata notata una grande diversità di specie ($c_{aver.}=0.38$, $H_{avg.}=0.52$, $e_{aver.}=0.48$) con notevole densità di *Mytilus edulis*, di *Balanus improvisus* e di fauna di fondo (*Gammaridae*, *Isopoda*, *Polychaeta*, *Turbellaria*).

Nelle biocenosi delle acque del largo è stato notato un fattore di dominanza molto elevato ($c_{aver.}=0.69$), basso fattore di diversità delle specie ($H_{aver.}=0.31$) e di fattore di regolarità ($e_{aver.}=0.48$). Questa situazione suggerisce una chiara dominanza da parte delle due specie di fondo. Le specie riconosciute dominanti sono *Mytilus edulis* e *Balanus improvisus*.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 285-286

E.G.A. DE SOUZA, I.R. ZALMON, T.C.M. DE ALMEIDA*

Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego 2000, Campos, 28015-620, RJ, Brazil. Tel: +55 24 7263709, E-mail: godoy@uenf.br

*Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís Km 234, São Carlos, SP, Brazil.

FISH ASSEMBLAGES AND ENVIRONMENTAL VARIABLES ON AN ARTIFICIAL REEF - RIO DE JANEIRO, BRAZIL

An artificial reef comprised of 24 modules of concrete and tire was built on the northern coast of Rio de Janeiro (21°27’S; 41°00’W) from 1996-98. Our objectives were to determine the temporal distribution patterns of local nekton assemblages and to identify correlations between environmental variables and species distribution. A monthly sampling program included measuring environmental variables such as temperature, salinity, pluviosity, pH, DO, current velocity, chlorophyll *a*, nutrients and using a fishery trammel net to record species richness, number of individuals, diversity (H') evenness (J') and biomass on the reef site and on a control area. Cluster analyses showed a typical seasonal distribution pattern of nekton assemblage on both sites, with the highest density and biomass values on summer months, specially of *Choroscombrus chrysurus*, *Haemulon aurolineatum*, *Mustelus higmani* and *Rhizoprionodon lalandii* in contrast to fish scarcity on winter and fall months. Principal Component Analyses indicated that marine water salinity, pluviosity and Paraíba do Sul river flow were the most significant environmental factors correlated with temporal variation in the fish assemblages. These results emphasize the influence of Paraíba do Sul river on nekton assemblage distribution. The study reef and the control areas, considered a high energy open system with continental influence, reflect an instability of hidrological features which in association to endogenous biological processes such as higher food availability and shelter on artificial structures, might control the seasonal distribution of local ictiofauna.

ASSOCIAZIONI DI PESCI E VARIABILI AMBIENTALI SU DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE – RIO DE JANEIRO, BRASILE

Una barriera artificiale composta da 24 moduli di calcestruzzo è stata costruita presso la costa settentrionale di Rio de Janeiro (21°27'S; 41°00'W) dal 1996-98. Gli obiettivi di questo lavoro sono quelli di determinare gli schemi di distribuzione temporale delle associazioni nectoniche locali e di identificare le correlazioni tra le variabili ambientali e la distribuzione delle specie. Un programma di campionamento mensile comprendeva la misurazione di variabili ambientali come temperatura, salinità, piovosità, pH, ossigeno disciolto, velocità della corrente, clorofilla *a*, nutrienti e l'utilizzo di una rete a tramaglio per rilevare la ricchezza in specie, il numero di individui, la diversità (H'), l'uniformità (J') e la biomassa sul sito di barriera e su un'area di controllo. L'analisi dei cluster ha mostrato un tipico schema di distribuzione stagionale dell'associazione nectonica in entrambi i siti, con la più alta densità e valori di biomassa nei mesi estivi, in particolare di *Choroscombrus chrysurus*, *Haemulon aurolineatum*, *Mustelus higmani* e *Rhizoprionodon lalandii*, in contrasto con la scarsità di pesci nei mesi invernali e autunnali. L'analisi delle componenti principali ha indicato che la salinità dell'acqua, la piovosità e la portata del fiume Paraíba do Sul erano i fattori ambientali più significativi correlati con la variazione temporale nelle associazioni di pesci. Questi risultati mettono in evidenza l'influenza del fiume Paraíba do Sul sulla distribuzione delle associazioni del necton. La barriera studiata e le aree di controllo, considerati sistemi aperti ad elevata energia con influenza continentale, riflettono una instabilità di parametri idrologici che, associati a processi biologici endogeni come una più elevata disponibilità di cibo e rifugio sulle strutture artificiali, possono controllare la distribuzione stagionale dell'ittiofauna locale.

Il lavoro completo è pubblicato in ICES Journal of Marine Science (2002), **59** Suppl.: 138-143

C. COSTA MONTEIRO, M. NEVES SANTOS

Instituto de Investigação das Pescas e do Mar - 8700 Olhão, Portugal.

Tel: 351 89 700500, E-mail: cmonteir@ipimar.pt

ARTIFICIAL REEF SYSTEMS: A TOOL FOR THE ALGARVE COAST FISHERIES MANAGEMENT PLAN

In 1989 the IPIMAR/CRIPSul (Portuguese Institute for Marine and Fisheries Research/Regional Centre of the Algarve) started a pilot and pioneer project of artificial reef deployment off the south coast of Portugal. The studies carried out between 1990 and 1996 showed the efficiency of these structures both at the ecological and fishing levels, under the environmental context of the Algarve coast.

Consequently the National Authorities assumed to this zone of the Portuguese coast a fisheries management plan based on the deployment of large artificial reef systems. Between 1998 and 2000 a total 7 reef systems will be deployed. Each of the artificial reef systems will consist of, at least 3000 small cubic modules and 36 large size modules. By the end of the year 2000 a total of more than 21.000 concrete modules shall be constructed, corresponding to a total area of 30 km² of artificial reef systems, which make these the largest in European waters.

The management plan will include, besides the creation of protection areas for juveniles (mitigation) and controlled fishing areas, off-shore aquaculture structures and ecotourism activities (fishing and diving) associated with the artificial reefs.

SISTEMI DI BARRIERE ARTIFICIALI: UNO STRUMENTO PER LA GESTIONE DELLA PESCA NELLA COSTA DELL'ALGARVE

Nel 1989, l'IPIMAR/CRIPSul (Istituto Portoghese per la Ricerca Marina e della Pesca/Centro Regionale di Algarve) ha dato inizio al progetto pilota e pioniere per l'immersione di barriere artificiali presso la costa meridionale del Portogallo. Gli studi svolti tra il 1990 e il 1996 hanno mostrato l'efficacia di queste strutture sia a livello ecologico sia a livello della pesca, nel contesto ambientale delle coste dell'Algarve.

Come conseguenza, le Autorità Nazionali hanno attribuito a questa zona della costa portoghese un piano di gestione della pesca basato sull'immersione di grandi sistemi di barriere artificiali. Tra il 1998 e il 2000 sarà immerso un totale di 7 sistemi di barriere artificiali. Ognuno di questi sistemi sarà costituito da almeno 3000 piccoli moduli cubici e 36 moduli più grandi. Entro la fine dell'anno 2000, saranno costruiti un totale di più di 21.000 moduli di calcestruzzo, che ricopriranno un'area totale di 30 km² di sistemi di barriere artificiali, diventando così l più grande delle acque europee.

Il piano di gestione prevede, accanto alla creazione di aree protette per i giovani (mitigazione) e di zone di pesca controllate, strutture per l'acquacoltura al largo e attività di ecoturismo (pesca e subacquea) associate alle barriere artificiali.

M. FALCÃO, C. VALE, M. NEVES SANTOS

Instituto de Investigação das Pescas e do Mar - 8700 Olhão, Portugal.
Tel: 351 89 700501, E-mail: mfalcao@ipimar.ualg.pt

AN ECOLOGICAL COMPARISON BETWEEN TWO ARTIFICIAL REEF SYSTEMS (SOUTH OF PORTUGAL): CHEMICAL EVOLUTION ON WATER COLUMN AND SEDIMENT

The hydrodynamic processes, the depth, the latitude, the surface area substrate, the proximity of a nutrient rich lagoon or estuary are the primary controlling factors of productivity in coastal waters. When artificial reefs are placed in coastal waters, these different physical factors lead to the development of a new ecosystem. Some authors demonstrate that the artificial reefs placed near shore, outside a coastal lagoon, are a shelter to the juvenile populations that come from the lagoon and from the continental shelf and, a specific faunal enrichment is centralised in those reef areas, stabilising with the time. The increase of biomass on these marine systems produce enhanced sedimentation and, the particulate carbon and nitrogen which fell to the bottom is incorporated into the sediments so, the increase of fish biomass may change the processes of benthic remineralization.

The study was developed on two artificial reef systems at 18 meters depth (OAR-Olhão Artificial Reef and FAR-Faro Artificial Reef), at a control area and inside lagoon. Samples of water column, particles settled in sediment-trap over reef blocks, and toplayer sediment were collected monthly over a year (1992-1993). Nutrients (ammonium, nitrate, silicate and phosphate) were determined in water samples and particulate organic carbon, nitrogen and phosphorus were determined in particles settled in sediment-trap and in toplayer sediment. Results obtained showed that:

- 1) The nutrient concentrations in the water column changed seasonally, but the ranges in the lagoon, OAR, FAR and control area were different. In general, the maximum values of ammonium, nitrate, silicate and phosphate were recorded in lagoon waters and in the reef closer to the lagoon (OAR). Higher ammonium, nitrates and silicates in OAR relatively to FAR and control area were statistically valid ($P < 0,01$).
- 2) The particulate organic carbon and nitrogen concentrations obtained at FAR were significantly higher ($P < 0,005$) than those obtained at OAR and, not statistically different from the values obtained in particles collected inside lagoon. The seasonality of biogenic compounds was well defined in particles collected on the reefs. Lower levels were found during winter and higher levels at spring and summer.
- 3) The particulate organic carbon and nitrogen concentrations in toplayer sediment at OAR were slightly higher than those obtained in FAR. The seasonality of biogenic compound was not defined in toplayer sediment.

CONFRONTO ECOLOGICO TRA DUE SISTEMI DI BARRIERE ARTIFICIALI (PORTOGALLO MERIDIONALE): EVOLUZIONE CHIMICA DELLA COLONNA D'ACQUA E DEL SEDIMENTO

I processi idrodinamici, la profondità, la latitudine, il substrato superficiale, la vicinanza ad una laguna o estuario ricco di nutrienti sono i primi fattori di controllo della produttività in acque costiere. Quando barriere artificiali vengono immerse in acque costiere, questi fattori fisici modificati portano allo sviluppo di un nuovo ecosistema. Alcuni Autori hanno dimostrato che le barriere artificiali posizionate vicino alla costa, all'esterno di una laguna costiera, servono da rifugio per la popolazione di giovani che proviene dalla laguna e dalla piattaforma continentale; l'arricchimento della fauna è concentrato in queste aree di barriera, ed esso si stabilizza con il passare del tempo. L'aumento di biomassa in questi sistemi marini produce un aumento della sedimentazione e il carbonio e l'azoto particolati che si depositano sul fondo vengono incorporati nei sedimenti così l'aumento della biomassa dei pesci può modificare i processi di remineralizzazione bentonica.

Lo studio è stato sviluppato su due sistemi di barriere artificiali poste a 18m di profondità (OAR – Olhão Artificial Reef and FAR – Faro Artificial Reef) in un'area di controllo e all'interno della laguna. Sono stati raccolti mensilmente per un anno (1992–1993), campioni della colonna d'acqua, particelle delle trappole per sedimenti e lo strato superiore dei sedimenti. I nutrienti (ammonio, nitrati, silicati e fosfati) sono stati determinati nei campioni d'acqua e il carbonio organico particolato, l'azoto e il fosforo sono stati determinati nelle particelle raccolte nelle trappole per sedimenti e nello strato superiore di questi. I risultati ottenuti mostrano che:

- 1) le concentrazioni dei nutrienti nella colonna d'acqua cambiano stagionalmente, ma le variazioni nella laguna, in OAR, in FAR e nel sito di controllo sono differenti. In generale, i valori massimi di ammonio, nitrati, silicati e fosfati vengono registrati nella laguna e sulla barriera più vicina ad essa (OAR). I più alti valori di ammonio, nitrati e silicati trovati on OAR in relazione a FAR ed all'area di controllo sono stati significativi ($P < 0.01$).
- 2) le concentrazioni di carbonio organico particolato e di azoto ottenute presso la barriera FAR sono significativamente più alte ($P < 0.005$) di quelle ottenute presso OAR e non statisticamente diverse dai valori ottenuti dalle particelle raccolte nella laguna. La stagionalità dei composti biogeni è evidente nelle particelle raccolte sulle barriere. I valori più bassi sono stati registrati nell'inverno e quelli più alti in primavera ed in estate.
- 3) le concentrazioni di carbonio organico particolato e di azoto nello strato superiore dei sedimenti presso OAR era leggermente più alto di quello ottenuto presso FAR. La stagionalità dei composti biogeni non è stata definita nello strato superiore dei sedimenti.

L. GOUVEIA, J.H. DELGADO, A. ALVES

Direção de Serviços de Investigação das Pescas, Estrada da Pontinha - 9000 Funchal, Madeira, Portugal.
E-mail: np38ud@mail.telepac.pt

A NEW PROJECT ON ARTIFICIAL REEFS IN MADEIRA ISLAND

A new project on artificial reefs is currently being developed at the macaronesian archipelago of Madeira in the Northeast Atlantic. The area planned for the deployment of the modules is located at Paul do Mar in the southern coast of the Madeira Island.

Due to the archipelago volcanic origin the continental shelf is almost absent, leading to a scarce habitat available for the colonisation of littoral species. A strong artisanal fishing activity and the use of illegal fishing gears have put these ecosystems under threat.

The aim of this project is to provide conditions for increasing the biodiversity and biomass of the species inhabitants of these ecosystems under strong anthropocentric pressure and protection against the increasing depletion of the area due to sand exploitation.

This poster presents some data related to the planning, design and construction of the modules. It also analyses the preliminary results of the previous assessment on fish diversity and biomass made in this area by visual census and experimental fishing sets with bottom long-line, hand-lines and traps.

UN NUOVO PROGETTO SULLE BARRIERE ARTIFICIALI NELL'ISOLA DI MADEIRA

Un nuovo progetto di barriere artificiali è attualmente in via di realizzazione nell'arcipelago macaronesiano di Madeira nell'Atlantico nord-occidentale. L'area selezionata per l'immersione dei moduli è situata a Paul do Mar, nella costa meridionale dell'isola di Madeira.

A causa dell'origine vulcanica dell'arcipelago, la piattaforma continentale è pressoché assente, e ciò fa sì che ci sia una scarsità di habitat disponibili per la colonizzazione da parte delle specie litorali. Una forte attività di pesca artigianale e l'utilizzo di attrezzi da pesca illegali hanno messo in pericolo questi ecosistemi.

Lo scopo di questo progetto è quello di fornire le condizioni ideali per aumentare la biodiversità e la biomassa delle specie che abitano questi ecosistemi sottoposti a forte pressione antropica e di fornire protezione contro la crescente riduzione dell'area dovuta al prelievo della sabbia.

Questo poster presenta alcuni dati relativi alla pianificazione, alla progettazione e alla costruzione dei moduli. Esso analizza inoltre i risultati preliminari della valutazione della diversità e della biomassa dei pesci effettuata in quest'area per mezzo di censimenti visivi e pesche sperimentali con palangaro fisso, lenze a mano e nasse.

R.J. HAROUN, R. HERRERA, M.J. GARRIDO

Dpto. Biología, Fac. Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - 35017 Las Palmas, Spain.
E-mail: ricardo.haroun@biologia.ulpgc.es

COMPARATIVE STUDY OF THE MARINE BIOTA BEFORE AND AFTER THE DEPLOYMENT OF AN ARTIFICIAL REEF IN GRAN CANARIA ISLAND (CANARY ISLANDS, SPAIN)

In the framework of a large Artificial Reef Programme run by the Canarian Government, one artificial reef was constructed in 1991 in the southern coast of Gran Canaria Island. Prior to its deployment, a detailed study of the marine biota present in the selected area was conducted and the main results were published elsewhere. After the reef was deployed in the sandy bottom, a periodical assessment of the marine biota associated was conducted until 1997.

This contribution will summarize and compare the main results obtained from the main marine groups analyzed (macroalgae, invertebrates and fish) during the preliminary (November 1990–March 1991) and assessment periods (November 1991–1997). Several interesting trends can be observed after the analysis of the results obtained, such as changes in biota composition (both benthic and pelagic), increase of complexity of benthic communities or high predatory pressure upon nearby fish species.

After the first months of deployment, several benthic species arrived to the surfaces of the modules and they builded up complex benthic communities, with photophilous species in the upper surfaces and more sciaphilous species in the lateral and lower sides of the reef units. The ichthiofauna composition changed, with less number of sandy bottom species, such as pleuronectiforms, and at the same time was observed an increase of pelagic species. After 2 years, the structures of these benthic communities were highly evolved; the ichthiofauna associated to the reef modules was rather diverse and many species spawn in the area or used the reef area as a nursery ground. Further development was truncated by the quick development of dense echinoderms populations. Nevertheless, the ictiofauna composition was not very much affected; although fish biomass decreased. At present time, the reef area is holding a marine biota rather similar to that observed in any other natural rocky bottoms along the canarian coasts.

STUDIO COMPARATIVO DEL BIOTA MARINO PRIMA E DOPO L'IMMERSIONE DI UNA BARRIERA ARTIFICIALE PRESSO L'ISOLA DI GRAN CANARIA (ISOLE CANARIE, SPAGNA)

Nell'ambito di un ampio Programma di Barriere Artificiali promosso dal Governo delle Canarie, nel 1991 è stata costruita una barriera artificiale nella costa meridionale dell'Isola di Gran Canaria. Prima dell'immersione, è stato svolto uno studio dettagliato del biota marino presente nell'area selezionata i cui risultati principali sono pubblicati altrove. Dopo che la barriera è stata immersa su di un fondo sabbioso, fino al 1997 è stata fatta una valutazione periodica del biota marino ad essa associato.

Questa comunicazione riassume e confronta i risultati ottenuti dall'analisi dei principali gruppi marini studiati (macroalghe, invertebrati e pesci) durante il periodo preliminare (novembre 1990–marzo 1991) e quello di valutazione (novembre 1991–1997). Dall'analisi dei risultati ottenuti emergono molti andamenti interessanti, come variazioni nella composizione del biota (sia bentico che pelagico), aumento della complessità delle comunità bentoniche o elevata pressione predatoria sulle specie di pesci dell'area circostante.

Dopo i primi mesi dall'immersione, molte specie bentoniche sono giunte sulla superficie dei moduli e hanno formato comunità bentoniche complesse, con specie fotofile sulla superficie superiore e specie più sciafile sulle pareti laterali ed inferiori delle unità di barriera. La composizione dell'ittiofauna è cambiata, con un numero minore di specie di fondo sabbioso, come i pleuronectiformi e, allo stesso tempo, si è osservato un aumento delle specie pelagiche. Dopo due anni, le strutture di queste comunità bentoniche erano altamente evolute; l'ittiofauna associata alla barriera era abbastanza diversificata e molte specie deponevano le uova all'interno dell'area o la utilizzavano come nursery. Successivamente lo sviluppo è stato interrotto dalla formazione di dense popolazioni di echinodermi. Ciononostante, la composizione dell'ittiofauna non è stata molto cambiata, anche se la biomassa dei pesci è diminuita. Attualmente, l'area della barriera mantiene un biota marino simile a quello osservato in ogni altro fondale roccioso naturale lungo le coste delle Canarie.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 292-293

J.A. GARCÍA CHARTON, Á. PÉREZ RUFAZA

Departamento de Ecología e Hidrología, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo - 30100 Murcia, Spain.
Tel: 34 968 364985, E-mail: jcharton@fcu.um.es

SHIPWRECKS AS ARTIFICIAL REEFS IN THE COAST OF MURCIA (SOUTHEAST SPAIN)

A large number of fishing boats (namely trawlers) have been deliberately submerged in the coast of Murcia (SE Spain) since 1992, with the three-fold objective of (1) to dissuade the illegal trawling (and, by this way, to protect the *Posidonia oceanica* beds), (2) to attract fish for artisanal and recreational fishing, as well as diving (so that the natural rocky reefs are lightened of human pressure), and (3) to manage the destiny of ship hulls against their breaking up on land. Virtually no data are available on the fish assemblage inhabiting these wrecks, which are essential for deciding about their usefulness for fishing and underwater tourism, despite the importance of this management tool in the Spanish Mediterranean sea.

We assessed the fish assemblages by visually censusing several ship-wrecks since the spring of 1994. Data are presented on the temporal dynamics of these fish populations, as well as the variability they show among structures along the Murcian coast. In general, ship-wrecks show an ichthyofauna composed primarily by targeted, high-valuable species (belonging to families such as Congridae, Serranidae, Sciaenidae and Sparidae), accompanied by other non-commercial species (e.g. *Anthias anthias*,

Chromis chromis, *Coris julis*, etc.). These fish assemblages present also fluctuations of species richness and abundance related to the seasonal visit of several species (e.g. *Seriola dumerili*, *Balistes carolinensis*, *Mola mola*). Finally, we compare these assemblages with those present in several (concrete-made) artificial reefs (Cabo Cope, Cabo Palos), and with natural rocky reefs, all situated in the same geographical area than the studied wrecks. The usefulness of this management tool in terms of effectiveness as anti-trawling structures, success as diving attractors, potential environmental impacts, and durability, is discussed.

RELITTI COME BARRIERE ARTIFICIALI PRESSO LA COSTA DI MURCIA (SPAGNA SUD-ORIENTALE)

Un gran numero di pescherecci (soprattutto a strascico) sono stati deliberatamente immersi vicino alla costa di Murcia (Spagna sud-orientale) a partire dal 1992, con il triplice obiettivo di (1) dissuadere lo strascico illegale (e perciò proteggere le praterie di *Posidonia oceanica*), (2) attrarre i pesci per la pesca artigianale e sportiva, così come per l'attività subacquea (in modo che le barriere rocciose naturali siano alleggerite dalla pressione umana), e (3) evitare che i relitti vengano lasciati sulla terraferma. Non esistono effettivamente dati disponibili sulle associazioni di pesci che abitano questi relitti, che sarebbero essenziali per decidere della loro utilità per la pesca e il turismo subacqueo, nonostante l'importanza di questo strumento di gestione nel Mare Mediterraneo spagnolo.

Sono state valutate le associazioni di pesci censendo visivamente numerosi relitti a partire dalla primavera 1994. Sono stati presentati dati sulla dinamica temporale di queste popolazioni di pesci, così come la variabilità che essi mostrano tra le diverse strutture sulla costa di Murcia. In generale, i relitti mostrano un'ittiofauna composta primariamente da specie bersaglio, di alto valore commerciale (appartenenti a famiglie come Congridae, Serranidae, Sciaenidae e Sparidae), accompagnati da altre specie non commerciali (per esempio *Anthias anthias*, *Chromis chromis*, *Coris julis* etc.). Queste associazioni di pesci presentano inoltre fluttuazioni nella ricchezza in specie e nell'abbondanza correlate alla visita stagionale di alcune specie (ad es. *Seriola dumerili*, *Balistes carolinensis*, *Mola mola*). Infine, queste associazioni sono state confrontate con quelle presenti in molte barriere (di calcestruzzo) artificiali (Capo Cobe, Capo Palos), e con quelle di barriere rocciose naturali, tutte situate nella stessa area geografica dei relitti studiati. Viene qui analizzata l'utilità di questo strumento di gestione in termini di efficacia come strutture anti-strascico, di successo come attrazioni per subacquei, di potenziale impatto ambientale e di durevolezza.

L.K.B. JORDAN, D.S. GILLIAM, R.L. SHERMAN, R.E. SPIELER

Nova Southeastern University Oceanographic Center, 8000 N. Ocean Dr., Dania 33004 Florida, USA.

Tel: 954/ 920-1909, E-mail: JordanL@ocean.nova.edu

REEF FISH ASSEMBLAGE STRUCTURE AFFECTED BY SMALL-SCALE SPATIAL VARIATIONS OF ARTIFICIAL PATCH REEFS: PRELIMINARY RESULTS

To examine if, and to what degree, reef fish assemblage structure was affected by varying the distance between artificial patch reefs, concrete reef modules ($\sim 1 \text{ m}^3$) were deployed on sand bottom at 8 m depth off Ft. Lauderdale, Florida, USA. Modules were positioned at the apices of one of four differently sized equilateral triangle configurations (0,33 m, 5 m, 15 m, and 25 m sides), each with two replicates. Data collection of fishes (*i.e.*, species present, abundance, and sizes [TL]) was performed monthly by SCUBA divers using a visual census. In addition to the four triangular treatments, two control configurations, also with two replicates, were deployed in order to compare fish abundance with respect to substrate surface area.

These treatments were represented by: 1) a solitary module and 2) two modules side by side. Analysis (ANOVA) of 12 months of data revealed statistically significant differences among treatments. The smaller triangular configurations had higher abundance and greater diversity of fishes than the larger configurations, even though the same amount of artificial reef material was available for recruitment.

These findings offer potentially valuable information for future deployments of artificial substrata.

STRUTTURA DELLE ASSOCIAZIONI DI PESCI DI BARRIERA INFLUENZATE DA VARIAZIONI SPAZIALI SU PICCOLA SCALA DI MODULI DI BARRIERE ARTIFICIALI: RISULTATI PRELIMINARI

Per esaminare se, e a che livello, la struttura delle associazioni di pesci di barriera è influenzata dalla variazione della distanza tra i componenti della barriera artificiale, moduli di barriera di calcestruzzo ($\sim 1 \text{ m}^3$) sono stati immersi su fondo sabbioso a 8 m di profondità presso Ft. Lauderdale, Florida, USA. I moduli sono stati posizionati agli apici di uno delle quattro conformazioni a triangoli equilateri di diverse dimensioni (0,33 m, 5 m, 15 m e 25 m di lato), ognuno con due repliche. La raccolta dei dati dei pesci (cioè specie presenti, abbondanza e taglia [LT]) è avvenuta mensilmente grazie a subacquei che hanno utilizzato i censimenti visivi. In aggiunta ai quattro esempi triangolari, due conformazioni di controllo, anch'esse con due repliche, sono state immerse allo scopo di confrontare l'abbondanza dei pesci in relazione all'area di superficie del substrato.

Questi esperimenti consistevano in: 1) un modulo isolato e 2) due moduli affiancati. L'analisi (ANOVA) di 12 mesi di dati ha rivelato differenze statisticamente significative tra gli esperimenti. Le conformazioni triangolari più piccole hanno abbondanza più elevata e una maggiore diversità di pesci rispetto alle conformazioni più grandi, anche se il materiale artificiale totale utile per il reclutamento era lo stesso.

Questi risultati offrono informazioni potenzialmente preziose per una futura immersione di substrati artificiali.

E. LOZANO-ÁLVAREZ, F. NEGRETE-SOTO, H.M. WEISS*

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación Puerto Morelos,
P.O. Box 1152 - Cancún, Q. R. 77500 México. Tel: 987/10219, E-mail: elozano@mar.icmyl.unam.mx

*Project Oceanology, Avery Point, Groton - Connecticut, 06340 USA.

Tel: 860/445-9007, E-mail: Weissmail@aol.com

ABUNDANCE AND INTERACTIONS OF MORAY EELS (*GYMNOTHORAX MORINGA* AND *G. VICINUS*) AND SPINY LOBSTERS (*PANULIRUS ARGUS*) IN ARTIFICIAL SHELTERS

In recent years, interest in the use of artificial shelters (casitas) to increase the abundance and exploitation of gregarious spiny lobsters has steadily increased. It has been proposed that the physical properties of shelters are paramount in augmenting lobster survival by increasing the protection against their predators. While conducting a field experiment to test the effect of casitas on lobster (*Panulirus argus*) abundance in the reef lagoon at Puerto Morelos, it became evident that moray eels, *Gymnothorax moringa* and *G. vicinus*, commonly shared the same shelters with lobsters. These findings have been recorded before and have always puzzled biologists, because morays can prey on spiny lobsters. It has been suggested that this cohabitation is a symbiosis, with lobsters acting as bait to attract potential predators, such as octopuses, which are then attacked and presumably eaten by the moray. We censused the morays concurrently with the lobsters in eight 100×100 m sites in the reef lagoon once a month from December 1997 to April 1998. In July 1998, 10 casitas per site were deployed in five of the eight sites; the rest were left as controls. Lobsters and morays were then censused every two months. Lobster abundance increased significantly in sites with casitas, but so did morays, which also rapidly colonized casitas. To investigate the interactions of lobsters and morays, we conducted a number of recordings with remote control video cameras in a shelter deployed in the open seagrass, and in experimental tanks. In the open, lobsters were tethered to the shelter. Morays commonly entered the shelter but did not attack or otherwise disturb the lobsters. However, after one lobster was killed by a triggerfish, a moray readily ate it. In the tanks, lobsters and morays were free to enter and exit the shelter. Lobsters and morays shared the shelter with no apparent aggressive interactions, even when deprived of food for up to one week. When an octopus was added to the tank, it was rapidly attacked by the moray. Although the study is still in progress, it supports the symbiosis hypothesis. It also suggests that, in addition to physical properties of the artificial shelters, the increase in lobster abundance also depends on complex interactions between lobsters and potential predator species that colonize the shelters as well.

ABBONDANZA E INTERAZIONI DELLE MURENE (GYMNOTHORAX MORINGA E G. VICINUS) E LE ARAGOSTE (PALINURUS ARGUS) NEI RIFUGI ARTIFICIALI

Negli ultimi anni si è accresciuto l'interesse per l'utilizzo dei rifugi artificiali (casitas) per aumentare l'abbondanza e lo sfruttamento dell'aragosta gregaria. È stato suggerito che le proprietà fisiche dei rifugi siano fondamentali per incrementare la sopravvivenza dell'aragosta aumentando la protezione dai suoi predatori. Mentre si stava conducendo un esperimento sul campo per provare gli effetti delle casitas sull'abbondanza dell'aragosta (*Palinurus argus*), è risultato evidente come le murene *Gymnothorax moringa* e *G. vicinus*, condividano abitualmente gli stessi rifugi con le aragoste. Queste scoperte erano state registrate prima, e avevano sempre sconcertato gli studiosi, poiché le murene possono predare le aragoste. È stato suggerito che questa coabitazione sia una forma di simbiosi, con l'aragosta che si comporta da esca per attrarre potenziali predatori, come i polpi, che sono invece attaccati e presumibilmente mangiati dalla murena. Le murene sono state censite contemporaneamente alle aragoste in otto siti di 100 × 100 m nella laguna di barriera una volta al mese a partire da dicembre 1997 a aprile 1998. nel luglio 1998, 10 casitas per sito sono state immerse in cinque degli otto siti, gli altri sono stati lasciati di controllo. Aragoste e murene sono quindi state censite ogni due mesi. L'abbondanza delle aragoste è aumentata notevolmente nei siti con le casitas, così come quella delle murene, che colonizzano le casitas altrettanto rapidamente. Per analizzare le interazioni tra aragoste e murene, sono state condotte un certo numero di registrazioni con la videocamera in un rifugio situato sulla prateria e in una vasca sperimentale. In quello all'aperto, le aragoste *tethered* verso il rifugio. Le murene solitamente entrano nel rifugio ma non attaccano o disturbano in altro modo le aragoste. Comunque, dopo che un'aragosta fu uccisa da un pesce balestra, la murena rapidamente lo mangiò. Nelle vasche, aragoste e murene erano libere di entrare e uscire dai rifugi. Aragoste e murene condividono i rifugi apparentemente senza interazioni aggressive, anche quando tenute senza cibo per più di una settimana. Quando un polpo è inserito nella vasca, viene rapidamente attaccato dalla murena. Sebbene lo studio sia ancora in svolgimento, sostiene l'ipotesi della simbiosi. Suggerisce inoltre che, in aggiunta alle proprietà fisiche dei rifugi artificiali, l'aumento dell'abbondanza delle aragoste dipenda anche dalle complesse interazioni tra le aragoste e le potenziali specie predatrici che colonizzano anch'esse i rifugi.

R. ODORICO, M. BUSSANI¹, G. MORA²

Shoreline soc.coop., Area di Ricerca Science Park, Padriciano, 99 - 34100 Trieste, Italy.

Tel./fax: ++39(0)40398970, E-mail: odorico@com.area.trieste.it

¹Hydrores snc, Via Guerrazzi, 5 - 34100 Trieste, Italy.

² Polieco srl, Via Mattei, 10/12/14 - 25046 Cazzago S. Martino, Brescia, Italy.

USE OF POLYETHYLENE IN ARTIFICIAL STRUCTURES: ECOMARE PROJECT

The use of polyethylene for the construction of manufactures to be placed in the sea, that in the Ecomare project (a cooperation of Palbox, Shoreline and Hydrores) are called LAS (Light Artificial Structures), derives from the need to find a solution of same volume and functional area, to the actual irreversibility of placing of the concrete structure, which limits its use in certain fields of application.

A belt of concessions for the mussel-cultures, more than 10.000m long and 200m wide on an average, and the following alteration of the biologic characteristics of the sea-bottom in the bay of Trieste are an ideal basin where the placing of these structures may be evaluated, by setting their buoyancy in order to exploit the whole water column (bivalves at a low depth and commercial fish species at an intermediate one) that is currently used only in the first metres from the surface.

Data of a two years' experimentation make it possible to anticipate a 100kg/m² surface production (rows of tubes that have a length of 100cm and a diameter of 40cm). After eight months on the bottom at 12 metres, the spherical (400cm diameter) or the semi-spherical (diameter of 1.200cm) model produced from a minimum of 600kg to a maximum of 1.200kg of *Mytilus galloprovincialis*, amounting to 120 metres of long line and 350 specimens of *Ostrea* sp/m². Further studies are under way in order to evaluate the effects of filtering and silt-consuming creatures, which intercept the seston, produced mostly by the overhanging mussel-culture, reducing its polluting consequences on the bottom.

With regard to the aggregation of the fish colony, the use of two such structures within the Natural Marine Reserve of Miramare (Trieste) is worth reminding: 25 species have been identified by means of visual census technique, including shoals of *Oblada melanura*, *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*. Moreover, these structures have made it possible to reduce the impact of scuba-divers in the vulnerable areas of the reserve, shifting the summer anthropic pressure to less sensitive zones.

Besides the mechanic experimentation and practical use, other tests have been carried out on the colonisation capacity with reference to the molecular characteristics of polyethylene. Indeed the use of wrinkled tubes in mollusc-culture, which have been employed for the setting up of three experimental station with surface and depth collectors, has made it possible to notice considerable differences in the colonisation dynamics, suggesting the use of different materials, according to the required result.

The reversible and recyclable polyethylene structure, consisting of spheres and semi-spheres, formed by transversely wrinkled cylinders of various diameters and lengths, is a possible alternative when the static and deterring (anti-fishing) function of an artificial barrier turns out to be much less important than other characteristics such as lightness, manageable nature, reduction of horizontal areas, exposed to ipersedimentation.

USO DEL POLIETILENE NELLE STRUTTURE ARTIFICIALI: PROGETTO ECOMARE

L'uso di polietilene per la costruzione di manufatti da posizionare nei fondali marini chiamati SAL (Strutture Artificiali Leggere) deriva dalla necessità di superare alcuni problemi legati al rapporto tra volume ed aree funzionali che per l'irreversibilità del posizionamento di strutture in cemento limita i campi di applicazione in alcuni usi specifici.

Nella fascia di concessioni per l'allevamento di mitili viene utilizzata soltanto la parte superficiale della concessione (i primi 4 metri). Mediamente una porzione di fondale di più di 10.000 m di lunghezza e 200 m di larghezza sono sottoposti ad alterazione delle caratteristiche biologiche. Nel golfo di Trieste tale situazione rappresenta un bacino ideale dove nell'ambito del progetto ECOMARE, una cooperazione tra Palbox, Shoreline ed Hydrores i SAL possono essere posizionati in funzione di un razionale sfruttamento della colonna d'acqua (bivalvi in prossimità della superficie ed aggregazione di pesce commerciale a profondità intermedia fino al fondo).

Due anni di sperimentazione permettono di prevedere una produzione di 100 Kg/m² di *Mytilus galloprovincialis* per unità corrugate aventi lunghezza di 100 cm e diametro di 40 cm.

Dopo otto mesi di permanenza su fondale di 12 m il modello sferico (400 cm di diametro) ed il modello semisferico di 1.200 cm di diametro ha prodotto un minimo di 600 Kg fino a 1200 Kg di *Mytilus galloprovincialis* pari a 120 metri di long-line e 350 individui di *Ostrea* sp./m². Ulteriori studi sulla comunità dei filtratori permetteranno di valutarne l'azione sull'ipersedimentazione dovuta al seston proveniente dagli allevamenti.

Per quanto riguarda l'aggregazione ittica, l'uso di tali strutture all'interno della riserva naturale marina di Miramare (Trieste) ha portato a risultati incoraggianti. Il posizionamento in zone poco popolate ai confini della riserva e la contemporanea attività di visual census in transetti di controllo ha portato all'identificazione di 25 specie di cui banchi di *Oblada melanura*, *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*. Tale effetto permette quindi di valutarne l'utilizzo a scopi turistici riducendo l'impatto dei subacquei in aree vulnerabili e spostando la pressione antropica in aree meno sensibili.

Oltre alla sperimentazione dal punto di vista meccanico e pratico-logistico sono stati avviati dei test sulla dinamica di colonizzazione differenziata per caratteristiche molecolari del polietilene. Il posizionamento di tre stazioni a differenti quote differenziate per qualità del materiale ha reso possibile ragionare in termini di risultati produttivi attesi elaborando la formula più idonea ad un particolare risultato richiesto.

Le strutture sferiche e semisferiche in polietilene, riciclabili e reversibili sono formate da tubi corrugati di lunghezza, diametro ed esposizione diversi. Rappresentano una valida alternativa in tutte le situazioni in cui la funzione statica e deterrente (anti-pesca) di una barriera artificiale convenzionale risulti a scapito di altre caratteristiche quali leggerezza, maneggevolezza, riduzione delle superfici piane esposte all'ipersedimentazione.

M.D. OJEDA, D. COELLO, R.J. HAROUN*

Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación (Viceconsejería de Pesca), Gobierno de Canarias, Edif. Usos Múltiples - 35003 Las Palmas, Spain.

* Dpto. Biología, Fac. Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - 35017 Las Palmas, Spain. E-mail: ricardo.haroun@biologia.ulpgc.es

ARTIFICIAL REEF IN THE CANARIAN AUTONOMOUS COMMUNITY: A DECADE OF DEVELOPMENT

Since 1989, several artificial reefs projects have been developed by the Canarian Government to improve artisanal fisheries in coastal waters of the canarian archipelago with a total spending of roughly 230 Mill. Ptas (about 1,4 Mill. Euros). The aim of this contribution is to review the present status of these artificial reefs in the canarian waters after a decade of the deployment of the first structures.

In the western coast of La Palma island, an artificial reef of 52 modules was constructed in 1990-91. In Gran Canaria island another artificial reef composed by 85 modules was constructed in 1991 in the southern coast. Later, in 1993, two artificial reef areas were built in the southeastern coast of Lanzarote island with 35 and 34 units respectively, and finally, during the last year a new artificial reef with 50 modules was laid down in the same island nearby to one of the previous reef area.

These artificial reefs were constructed with different types of concrete modules. In the reefs located in coastal waters of La Palma and Gran Canaria islands, modules with five different morphologies were used, with a weight between 5–to 1 MT. The modules used in the artificial reefs located in coastal waters of Lanzarote island belongs to two designs only, with a weight of 8,6-10 MT.

From the results obtained so far, most of the reef areas are working properly, with an increase in fish abundance and presence of new commercial species in the surrounding areas. It also becomes clear that other factors, such as modules design, choice of reef deployment area and interaction with social forces, may enhance the role of these artificial reef as management tools for coastal fisheries.

BARRIERE ARTIFICIALI NELLA COMUNITA' AUTONOMA DELLE CANARIE: UN DECENNIO DI SVILUPPO.

A partire dal 1989, numerosi progetti di barriere artificiali sono stati sviluppati dal Governo delle Canarie per favorire la pesca artigianale nelle acque costiere dell'arcipelago, per un costo totale approssimativo di 230 milioni di Pesetas (circa 1.4 milioni di Euro). Lo scopo di questa comunicazione è quello di controllare lo stato attuale di queste barriere artificiali nelle acque delle Canarie dopo un decennio dall'immersione delle prime strutture.

Nella costa occidentale dell'isola di La Palma, nel 1990-91 è stata costruita una barriera artificiale di 52 moduli. Nella costa meridionale dell'isola di Gran Canaria, un'altra barriera artificiale composta di 85 moduli è stata costruita nel 1991. Più tardi, nel 1993, sono state costruite due barriere artificiali di 35 e 34 unità rispettivamente, presso la costa sud-orientale dell'isola di Lanzarote, e infine, nell'ultimo anno, una nuova barriera artificiale di 50 moduli è stata immersa presso la stessa isola, vicino a una delle precedenti aree di barriere.

Queste barriere artificiali sono state costruite con tipi diversi di moduli di calcestruzzo. Nelle barriere situate nelle acque costiere di Las Palmas e Gran Canaria, sono stati usati moduli con cinque diverse morfologie, con un peso compreso tra 5 e 1 MT. I moduli usati nelle barriere artificiali situate nelle acque di Lanzarote presentano solo due disegni, con un peso di 8,6-10 MT.

Dai risultati ottenuti, appare che la maggior parte delle aree di barriera funzioni adeguatamente, con l'aumento dell'abbondanza dei pesci e la comparsa di nuove specie commerciali nelle aree circostanti. È inoltre apparso evidente che altri fattori, come la forma dei moduli, la scelta dell'area di immersione della barriera e le interazioni con le forze sociali, possono elevare il ruolo di queste barriere artificiali a strumenti di gestione per la pesca sotto costa.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 300-301

L.E. HARRIS

Division of Marine and Environmental Systems, Florida Institute of Technology, 150 West University Boulevard
- 32901 Melbourne, Florida, USA. Tel: 407/674-7273, E-mail: Lharris@fit.edu

NEW METHODS FOR USING ARTIFICIAL REEFS FOR HABITAT PROTECTION, MITIGATION AND RESTORATION

Artificial reefs traditionally are used for environmental enhancement and mitigation for damages to natural reef areas. This paper presents newer methods for using artificial reefs for habitat protection, mitigation and restoration. These methods include the use of artificial reefs for protection of existing natural reefs, environmental and eco-tourism enhancement, mitigation for damaged reefs, and shoreline stabilization. Examples of these methods, their unique design aspects and their performance are presented, so that they may be used to benefit other areas of the world.

To protect existing natural reefs, artificial reef units can be used to increase the reef areas, thereby decreasing the stresses on the natural reefs. Use of the artificial reefs can be encouraged for fishing, diving, snorkeling, and other activities, or as mitigation for damaged reef areas, so that the reef areas can recover. Artificial reefs also can be used as obstructions for ships and nets to prevent shipping or fishing in protected areas, or as underwater trail markers to safely guide snorkelers and divers around shallow natural reefs, while also providing information and education on the reefs and their inhabitants. These artificial reefs enhance the underwater environment for both the natural species and eco-tourism.

Just as natural reefs can provide calm areas in their lee that are protected from wave attack and beach erosion, artificial reefs can be used for shoreline stabilization. This requires the reef structure to serve as a submerged breakwater, with the crest of the reef in close proximity to the water surface. This subjects the reef to much greater wave forces and other important design considerations. The performance of these artificial reefs designed for wave attenuation and shoreline stabilization are presented, using several examples from the United States and the Caribbean. The designs and

performance of these artificial reef/submerged breakwaters are evaluated in terms of the wave attenuation and shoreline stabilization provided, special design considerations for safety and withstanding severe conditions such as hurricane events, and the environmental enhancement provided by these structures.

NUOVI METODI PER UTILIZZARE LE BARRIERE ARTIFICIALI PER LA PROTEZIONE, LA MITIGAZIONE E IL RECUPERO DI UN HABITAT

Le barriere artificiali sono tradizionalmente utilizzate per il miglioramento dell'ambiente e la mitigazione dei danni alle aree di barriera naturali. Questo lavoro presenta i metodi più nuovi per utilizzare le barriere artificiali per la protezione, la mitigazione e il recupero di un habitat. Questi metodi comprendono l'uso delle barriere artificiali come protezione delle barriere naturali esistenti, come incentivo ambientale ed ecoturistico, come mitigazione per le barriere danneggiate e come stabilizzatori della linea di costa. Sono qui presentati esempi di questi metodi, il loro unico aspetto strutturale e le loro prestazioni, in modo che possano essere utilizzati con giovamento in altre parti del mondo.

Per proteggere le barriere naturali esistenti, le unità artificiali di barriera possono essere usate per aumentare l'area della barriera, diminuendo lo stress sulle barriere naturali. L'utilizzo delle barriere artificiali può essere incoraggiato per la pesca, la subacquea e l'apnea, o come mitigazione per le aree di barriera danneggiate, in modo che possano riprendersi. Le barriere artificiali possono anche essere usate come deterrenti per barche e reti per prevenire la navigazione e la pesca nelle aree protette, o come segnavia sommerso per guidare in sicurezza gli apneisti ed i subacquei attorno alle barriere naturali in acque basse, fornendo anche un'educazione ed un'informazione sulle barriere ed i loro abitanti. Questo tipo di barriere artificiali migliorano l'ambiente sottomarino sia per quanto riguarda le specie naturali sia per l'eco-turismo.

Così come le barriere naturali creano aree calme nella zona protetta dall'attacco delle onde e dall'erosione delle spiagge, le barriere artificiali possono essere utilizzate per la stabilizzazione della linea di costa. Questo prevede che la struttura funzioni come un frangiflutti sommerso, con la sommità della barriera immediatamente al di sotto della superficie dell'acqua. Questo fa sì che la barriera sia soggetta a onde con forza maggiore e ad altre importanti considerazioni strutturali. È qui presentata la prestazione delle barriere artificiali progettate per attenuare le onde e stabilizzare la costa, utilizzando numerosi esempi provenienti dagli Stati Uniti e dai Caraibi. Le strutture e le prestazioni di queste barriere artificiali/frangiflutti sommersi sono valutate in termini di attenuazione delle onde e stabilizzazione realizzata della costa, speciali considerazioni strutturali per la sicurezza e la resistenza a condizioni sfavorevoli quali uragani, e al miglioramento ambientale dovuto a queste strutture.

J. STRAITH, W.J. RODGERS*

Artificial Reef Society of British Columbia, North Vancouver, British Columbia, Canada.

Tel: 604-983-4200, E-mail: jstraith@direct.ca

*Provincial Court of British Columbia, North Vancouver, British Columbia, Canada

BRITISH COLUMBIA'S ARTIFICIAL REEF PROGRAM: A STUDY IN ALTERNATIVE APPROACHES TO ARTIFICIAL REEF DEVELOPMENT AND MANAGEMENT

The objective of this paper is to examine the development of a tourism oriented artificial reef program as it has evolved in British Columbia Canada. Prior to 1991 British Columbia and Canada did not have any artificial reefs in place. Over the past 7 years the Canadian program has sunk 5 former Canadian Navy destroyers and two transports on the east and west coasts. The Canadian approach has now been copied in Australia and New Zealand. The paper will examine how a group of scuba enthusiasts worked with biologists, environmental engineers, marine archaeologists and government agencies to establish an artificial reef program aimed at attracting diving tourists to the region, relieving pressure on historical ship wrecks in the region, examining the viability of artificial reefs for fish habitat, encouraging safe diving practices and developing a specialized ship salvage industry.

The results of the British Columbia program have been remarkable in a number of areas. The paper will examine the economic data from the Canadian and British Columbia governments demonstrating the injection of revenue to the region, the data on the ship structures compiled by the Fisheries and Environment Ministries, the success of these former navy ships as artificial reef habitats and the environmental and economic policies that have made this program possible. The paper will also examine the long-term objective of the program and examine the areas where future research can assist government and private organizations in determining the appropriate approach to artificial reef development in their area.

IL PROGRAMMA DI BARRIERE ARTIFICIALI DELLA COLUMBIA BRITANNICA: UNO STUDIO CON UN APPROCCIO ALTERNATIVO ALLO SVILUPPO E ALLA GESTIONE DELLE BARRIERE ARTIFICIALI

L'obiettivo di questo lavoro è di esaminare lo sviluppo di un programma di barriere artificiali orientato verso il turismo, come quello che si è evoluto alla Columbia Britannica e Canada. Prima del 1991, la Columbia Britannica e il Canada non avevano barriere artificiali immerse. Negli scorsi sette anni, il programma canadese ha immerso 5 vecchi cacciatorpediniere della Marina Canadese e due navi da trasporto presso la costa orientale ed occidentale. L'approccio canadese è ora stato copiato in Australia e in Nuova Zelanda. Questo lavoro vuole esaminare come un gruppo di subacquei entusiasti ha lavorato assieme a biologi, ingegneri ambientali, archeologi marini e agenzie governative per stabilire un programma di barriere artificiali mirato ad attrarre

turisti subacquei nella zona, ridurre la pressione sui relitti storici presenti, esaminare la riuscita delle barriere artificiali come habitat per pesci, incoraggiare le pratiche di immersione sicura e sviluppare un'industria specializzata per il recupero delle navi.

I risultati del programma della Columbia Britannica sono stati notevoli in molte aree. Questo lavoro vuole esaminare i dati economici provenienti dai governi del Canada e della Columbia Britannica, che dimostrano l'immissione di entrate nella regione, i dati sulle strutture delle barche, forniti dal Ministero della Pesca e dell'Ambiente, il successo di queste vecchie navi come barriere artificiali e la politica ambientale ed economica che ha reso possibile questo programma.

Il lavoro vuole inoltre esaminare l'obiettivo a lungo termine del programma ed esaminare le aree dove la ricerca futura potrà sostenere il governo e le organizzazioni private per determinare il corretto approccio allo sviluppo delle barriere artificiali nelle rispettive aree.

Biol. Mar. Medit. (2002), 9 (2): 303-304

R.L. SHIPP

Department of Marine Sciences, University of South Alabama - Mobile, Alabama, USA.
Tel: (334)-460-7136, E-mail: rshipp@jaguar1.usouthal.edu

THE ARTIFICIAL REEF DEBATE: ARE WE ASKING THE WRONG QUESTIONS?

The question of production versus aggregation has become central to much of the discussion of the utility of artificial reefs as management tools. This debate seems to have little relevance in areas where natural hard bottom is sparse or lacking. Rather, in such habitats, reef placement often results in biomass transformation from "less valuable" to "more valuable" species.

Such has been the case off the coast of Alabama, United States of America, in an area of approximately 4,000 square km that has been pre-permitted for placement of artificial reefs. Over the last two decades thousands of artificial reefs have been placed there. Prior to this time, trawling of this bottom produced primarily diminutive soft bottom fishes of negligible economic value. Currently the habitat now supports one of the largest recreational/charter red snapper (*Lutjanus campechanus*) fisheries in the Gulf of Mexico.

The field data strongly suggest that the fish fauna has been transformed from one of little economic importance to a far more valuable one. Despite this beneficial result, there may have been no increase in biomass. Nevertheless, the pre-eminence of the production-aggregation debate has often clouded the issue, and reflected negatively on artificial reef benefits. Care should be taken that this controversy be clearly reserved for habitats where additional hard bottom may be of little or no value due to recruitment limitations. A more important question is whether artificial reefs modify habitats in a way that serves some management objective, as has happened off Alabama.

IL DIBATTITO SULLE BARRIERE ARTIFICIALI: STIAMO FACENDO LE DOMANDE SBAGLIATE?

La questione della produzione contro l'aggregazione sta diventando centrale in molte delle discussioni sull'utilità delle barriere artificiali come strumenti di gestione. Questo dibattito sembra avere rilevanza minima nelle aree in cui il fondo roccioso naturale è assente o sparso. Piuttosto, in questi habitat, l'immersione di barriere spesso ha effetto soltanto sulla trasformazione della biomassa da specie "meno pregiate" a "più pregiate".

Questo è stato il caso delle coste dell'Alabama, Stati Uniti d'America, in un'area di circa 4.000 chilometri quadrati, che hanno ottenuto in precedenza i permessi per l'immersione di barriere artificiali. Negli ultimi vent'anni, in questa zona sono state immerse migliaia di barriere artificiali. Prima di allora, lo strascico su questi fondali ha causato primariamente una diminuzione dei pesci di fondo molle di scarso valore commerciale. Attualmente questo habitat supporta una delle principali zone di pesca sportiva/elitaria del lutjanide rosso (*Lutjanus campechanus*) del Golfo del Messico.

I dati sperimentali suggeriscono fortemente che la fauna ittica è stata trasformata da una di scarsa importanza economica in una molto più pregiata. Nonostante questi benefici, potrebbe non esserci stato un incremento della biomassa. Ciononostante, la preminenza del dibattito tra produzione e aggregazione ha spesso anneghiato la questione ed ha avuto un riflesso negativo sui benefici delle barriere artificiali. Occorre stare attenti che questa controversia sia chiaramente riservata agli habitat nei quali l'aggiunta di fondi duri sia poco o nulla dovuta alle limitazioni del reclutamento. Una questione più importante è se le barriere artificiali modificano gli habitat in modo da favorire alcuni obiettivi di gestione, come è successo in Alabama.

INDICI

INDICE GENERALE

TUYA F., ALVAREZ S., REUSS G.M., LUQUE A - Macrobenthic and fish communities associated with a sewage pipeline in Gran Canaria	1
TUNESI L., DIVIACCO G. - Importance of artificial habitats for the fish assemblage composition in deep waters	11
FALACE A., ZULIANI A., BRESSAN G. - Macrophytobenthic colonization of an artificial reef in the Ligurian Sea.....	20
OKAMOTO M. - Development and evaluation of two submersible platforms for abalone cultivation and artificial reef.....	29
CECCALDI H.J. - "Artificial reefs" versus "Underwater structure to enhance ecology and fisheries". An attempt of classification and future ways of research....	43
BAQUEIRO-CARDENAS E., HERNÁNDEZ J., ALDANA J. - Oil activity and artificial reefs program in campeche, Mexico	51
KAKIMOTO H., KATAYAMA K., TAHARA M., NODA M., TSUMURA K. Functions of artificial reefs and the creation of the shell nursery	60
HAGEN N.T. - Microspatial heterogeneity and the persistence of macrophyte vegetation on concrete artificial reef modules	70
DODRILL J.W. - An examination of three Gulf of Mexico artificial reef program policy issues	80
KOMAI Y., ITOSU C. - Food organism production from a steel artificial reef and the role of epifauna.....	90
JENSEN A., COLLINS K., SMITH P. - Artificial reefs of Europe, perspective and future	106
SEAMAN W. Jr. - Unifying trends and opportunities in global artificial reef research, including evaluation	107
PITCHER T.J., BUCHARY E.A., HUTTON T. - Forecasting the benefits of no-take artificial reefs using spatial ecosystem simulation	109
MILLER M.W. - Using "natural" reef ecology in artificial reef research: advancing artificial reef goals through better understanding of ecological processes.....	111
COBB J.R., PONDELLA D.J. III, STEPHENS J.S. Jr., HAFNER J.C. - Population dynamics of cryptic fishes on a temperate artificial reef.....	112
SANTOS M.N., MONTEIRO C.C. - Spatial distribution of fish around an artificial reef system: area of influence.....	114
SANTOS M.N., MONTEIRO C.C. - Distribution of fish assemblages at an artificial reef: diel cycle and area of influence	116
GARCÍA CHARTON J.A., PÉREZ RUZAFÁ Á., VEGA FERNÁNDEZ T. - Temporal dynamics of a Mediterranean artificial reef fish assemblage and comparison with nearby natural reefs	118

RELINI G., RELINI M., TORCHIA G., DE ANGELIS G. - Trophic relationships between fishes and an artificial reef.....	120
RELINI G., RELINI M., TORCHIA G., PALANDRI G. - Ten years of censuses of fish fauna on the Loano artificial reef.....	121
COWAN J.H. Jr., SHIPP R.L., PATTERSON W., STRELCHECK A., MCCAWLEY J.R. - Red snapper demographics and energetics on artificial reefs: the effects of nearest-neighbor dynamics.....	123
WORKMAN I.K., SHAH A. - Recruitment and fidelity of juvenile red snapper, <i>Lutjanus campechanus</i> , to small artificial reefs.....	125
STEPHENS J.S. Jr., PONDELLA D. III - Productivity on a mature artificial reef: the ichthyoplankton off King Harbor, CA, USA, 1974-97.....	127
INGRAM G.W. Jr., SHIPP R.L. - Movement, growth and survival of gray triggerfish, <i>Balistes capriscus</i> , inhabiting artificial and natural reefs in the North-Central Gulf of Mexico.....	129
SANCHEZ-JEREZ P., RAMOS-ESPLÀ A. - Detection of fish assemblage changes using no metric-multidimensional scaling multivariate analysis: influence of artificial habitats on <i>Posidonia oceanica</i> L. Delile meadows .	131
HERRERA R., ESPINO F., GARRIDO M., HAROUN R. - Colonization pattern of fish populations between a coastal artificial reef and an oceanic artificial reef.....	133
PONDELLA D.J., STEPHENS J.S. - Productivity of a temperate artificial reef based upon the production of young of year embiotocids (Teleostei, Perciformes)..	134
TURPIN R.K., BORTONE S.A. - Artificial reefs as refugia: pre-and post-hurricane visuals census evidence	136
ZALMON I.R., NOVELLI R., GOMES M.P., FARIA V.V. - An artificial reef program on the northern coast of Rio de Janeiro, Brazil.....	138
BENTLEY M.G., TODD C.D. - A study of fish and macrocrustaceans around the Torness artificial reef in the firth of Forth (North Sea).....	140
GARRIDO M.J., HAROUN R., HERRERA R. - Structure and dynamics of macroinvertebrate communities at Canarian artificial reefs (Central East Atlantic Ocean)	142
STEIMLE F.W., BURTON W.H., SHULMAN FARRAR J., CONLIN B.E. - Benthic macrofauna secondary productivity enhancement and mitigation success by an artificial reef in Delaware Bay, USA.....	144
PEREIRA BRANDINI F., SCHEFFER DA SILVA A., TEIXEIRA DA SILVA E., CHARTON J.A.G., BRUZAMOLLIN F.P. - A pilot experiment on artificial habitat on coastal and mid- shelf waters of Paraná State - Southern Brazil	146
COLLINS K.J., JENSEN A.C., SMITH I.P. - Oxygen fluxes of enclosed reef epibiota communities	147
GODOY AIRES DE SOUZA E., COUTINHO R. - Fish colonization in algae artificial beds in presence and absence of a seasonal bed of <i>Sargassum furcatum</i> at Cabo Frio island, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brazil	149

PUGLIESE R. - Regulation of artificial reefs for fishery management: the evolution of the cooperative state/federal process to designate artificial reefs as special management zones, essential fish habitat-habitat areas of particular concern and artificial refugia in the southeast United States exclusive economic zone	150
YANO K., NARUMI H., HONMA A., KITAHARA S. - Spawning of spear squids <i>Loligo bleekkeri</i> on breakwaters and the survival of their eggs.....	152
DE WITT O.M., ALSPACH G.S. Jr., PARKS W., SPEIR C. - Comparative growth and mortality of american oyster, <i>Crassostrea virginica</i> , on artificial reefs and natural substrates in the Chesapeake bay	154
BRIONES-FOURZÀN P., LOZANO-ÁLVAREZ E. - Effects of artificial shelters (<i>casitas</i>) on the abundance of juvenile spiny lobsters <i>Panulirus argus</i> in a reef lagoon	156
FALACE A., BRESSAN G. - Evaluation of the efficiency of an antigrazing net placed on an artificial reef at Loano: (Savona, Ligurian Sea) algal biomass..	158
FALACE A., BRESSAN G. - Phytobenthic colonization on panels with different slope in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea).....	159
FALACE A., BRESSAN G. - Quantitative evaluation of algal community on an artificial reef in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea).....	161
SHERMAN R.L., GILLIAM D.S., SPIELER R.E. - Artificial reef design: void space, complexity and attractants.....	162
ABELSON A., SHLESINGER Y. - Development of coral-reef community on artificial reefs in Eilat, Gulf of Aqaba, Red Sea: aggregates of limestone rocks	164
LEUNG A.W.Y., WILSON K.D.P. - Preliminary assessment of artificial reef deployment in marine protected areas in Hong Kong.....	166
KENNISH R., WILSON K., LO J., CLARKE S., LAISTER S. - Selecting sites for large scale deployment of artificial reefs in Hong Kong: constraint mapping and prioritisation techniques	168
CLARKE S., LEUNG WAI-YIN A., MAK Y.M., KENNISH R., HAGGAN N. - Consultation with local fishers on the Hong Kong artificial reefs initiative	170
SAYER M.D.J., WILDING T.A., BULLOCK A.M., LARSON K. - Planning, licensing and stakeholder consultation in an artificial reef development: the Loch Linnhe reef, a case study (Planning).....	172
PAPACOSTANTINOU C., BOMBACE G. - Integrated plan for the construction of an artificial reef in the Thracian Sea, Greece	173
MAHER T. - Florida's artificial reef program: a unique partnership between federal, state and local governments	175
DE ALESSI M.L. - The importance of secure tenure for private artificial reef creation and stewardship.....	177
CHRISTIAN R. - Interstate evaluation of a national planning guide for manmade fishing reefs.....	178

DITTON R.B., OSBURN H.R. - Demographics, attitudes and reef management preferences of scuba divers in offshore Texas waters	180
LÖK A., METIN C., TOKAÇ A., ULAS A., DÜZBASTILAR O. - Artificial reefs in Turkey	182
TSUMURA K., KAKIMOTO H., NODAM. - The history and future of artificial reefs and related aquatic habitats in Japan	183
KUWABARA S., SEINO K., FUKUHARA Y., YANO K. - Study of mixed materials to increase the stability of a rubble mound habitat	185
PATTON M.L., GROVE R.S. - Why is the macroinvertebrate biota of the Mission Bay concrete reef impoverished?	187
ULAS A., ÜNSAL S., LÖK A. DÜZBASTILAR, O., METIN C. - The studies on artificial reef design for <i>Octopus vulgaris</i> (Cuvier, 1797) in Izmir Bay field and tanks observations (Aegean Sea, Turkey)	188
DEYSHER L.E., GROVE R.S., DEAN T.A., JAHN A. - Design considerations for an artificial reef to grow giant kelp, <i>Macrocystis pyrifera</i> , in Southern California.....	190
SCHILLAK L., MEYER T. - ARCON, an innovative technology for planning, conceptual design and installation of artificial reefs in the sublittoral marine environment experiences from the Baltic Sea and the Indian Ocean.....	192
CHARBONNEL E., SERRE C. - Effects of reef design complexification on associated fish assemblages. Example of large artificial reef units of 158 m ³ used in France	194
SPANIER E., KRESS N., TOM M. - The use of coal fly ash in marine concrete for artificial reefs in southeastern Mediterranean	196
SUZUKI T. - Development of high-volume fly ash concrete and application to artificial sea mountains	198
COLLINS K.J., EAST J., JENSEN A.C., MALLINSON J.J., MUDGE S.M., SMITH I.P. - Environmental impact assessment of a scrap tyre artificial reef	200
LOVE M.S., CASELLE J., SCHROEDER D., FUSARO C., NISHIMOTO M. - A summary of the fish assemblages around seven oil and gas production platforms and around oil drilling debris off Central and Southern California	201
FANG L., CHOW W. - A long term monitoring of the benthic community change in a steel slag casting site in the coastal waters of Taiwan.....	204
SCHROEDER D.M. - Spatial and temporal patterns of shallow water fish assemblages among nine oil and gas production platforms and nine natural reefs in the Santa Barbara channel region, USA.....	205
FRUMKES D.R. - The status of the California rigs-to-reefs program and the need to limit consumptive fishing activities	207
HELVEY M. - Are Southern California oil and gas platforms essential fish habitat?	209

SOLDAL A.V., SVELLINGEN I., JØRGENSEN T., LØKKERBORG S. Rigs to reefs in the North Sea: hydroacoustic quantification of fish in the vicinity of a "semi-cold" platform.....	210
BAINE M. - An analysis of the North Sea rigs-to-reefs debate centring on the United Kingdom continental shelf	212
JØRGENSEN T., LØKKERBORG S., SOLDAL A.V. - Residence of fish in the vicinity of a decommissioned oil platform in the North Sea.....	214
LØKKERBORG S., HUMBORSTAD O.B., JØRGENSEN T., SOLDAL A.V. Spatio-temporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of oil platforms.....	215
CRIPPS S.J., AABEL J.P., HOVDA J. - Environmental impact assessment of Ekoreef - a multi-platform rigs to reefs development.....	217
AABEL J.P., CRIPPS S.J., HOVDA J., JACOBSEN T.G. - Optimal configuration of a large-scale artificial reef from decommissioned oil and gas platform jackets - a case study	219
FABI G., GRATI F., LUCCHETTI A., TROVARELLI L. - Evolution of the fish assemblage around a gas platform in the Northern Adriatic Sea.....	220
PONTI M., ABBIATI M., CECCHERELLI V.U. - Drilling platform wrecks as artificial reefs: preliminary description of macrobenthic assemblages of the "Paguro" (Northern Adriatic)	222
ANDRADE C.A.P. - The wild fisheries enhancement potential of fishfarms and artificial reefs: a case study in Madeira Island, North Eastern Atlantic	224
LAM K.K.Y. - The feasibility of deploying PFA-concrete artificial reef for coral reef restoration: a Hong Kong case study	225
ANGEL D.L., SPANIER E. - The potential of artificial reefs to reduce organic enrichment caused by commercial net cage fish farming in the Gulf of Aqaba (Eilat).....	227
PICKERING H. - Marine ranching in combination with artificial reefs. A legal perspective.....	229
TAKAGI N., MORIGUTI A., OHMURA Y., NAGANO K., HASUO T., IIDA Y., TERAJIMA T., MIKI K., TANIYAMA M., TAZUKA M., KIMURA K., ARAI K., YOKOYAMA T. - Development of large-scale-high-rise reef and its effects.....	231
OTAKE S., UEKITA Y., NAKAMURA M., OKUNO J., SETO M., KANEKO T. - A study of settlement location of fishery grounds with artificial fish reefs by internal waves	232
MATSUBARA Y., HIDEAKI N. - Simulation model of fish behavior around artificial fish aggregation devices (FAD)	233
HOTTA K., SUZUKI T., AN N.T., LONG B.H. - Technology on artificial reef for creating seaweeds community using ferrous sulfate.....	235
ANDALORO F., SINOPOLI M., COEN B., POTOSCHI A. - Fish community associated with FAD's in Southern Tyrrhenian Sea and in Northern Ionian Sea	236

PORTIER K., SEAMAN W. - Data gathering or data analysis? The use of monitoring informations to document performance of artificial reefs.....	238
SMILEY B.D., CONLEY K.W., LAMBERT P., COSGROVE J.A. - The reefkeepers guide: a defensible science tool with a case study for monitoring reef biota by non-professional divers in Canada's Pacific Waters.....	240
TAKEUCHI T. - Field observation of velocity and temperature fluctuations around a reef.....	242
AKEDA S., TAKAKI N., TAKAGI N., HAGINO S. - The present state and problems on the improvement and development of coastal fishing ground in Japan	243
BURTON W.H., SCHULMAN FARRAR J., STEIMLE F., CONLIN B. Assessment of the effectiveness of an artificial reef as out-of-kind mitigation for loss of shallow water habitat in the Delaware Bay (USA).....	245
SCHROEDER S.C., REED D.C. - An experimental evaluation of different reef designs used to compensate for losses to a giant kelp forest community	247
GROVE R.S., ZABLOUDIL K., NORALL T. - Assessment of El Niño events on natural kelp beds and artificial reefs in Southern California	249
WEN-MIIN TIAN - Engineering perspectives of benthic artificial reefs off Southwestern Coast of Taiwan	251
UEKITA Y., NAKAMURA M., OTAKE S. - Formation of environment for artificial habitat ecosystem - sandy beach ecosystem	253
SHUYE S. - Investigating terrain change around artificial reefs by using multibeam echo sounder.....	255
FABI G., LUCCARINI F., PANFILI M., SOLUSTRI C., SPAGNOLO A. - Effects of an artificial reef on the surrounding seabed community (Central Adriatic Sea)	257
BYERS J.E., LENIHAN H.S., PETERSON C.H., THAYER C.W. - Effects of human-induced disturbances on oysters and reef dwelling species: implications for reef restoration	259
LOSENBERG C.W., ST. MARY C.M., WILSON J.A., LINDBERG W.J. - A quantitative framework to evaluate the attraction-production controversy, with application to marine ornamental fisheries	261
DANOVARO R., GAMBI C., MAZZOLA A., MIRTO S. - Influence of artificial reefs on the surrounding infauna: analysis of meiofauna.....	263
HOLBROOK S.J., REED D.C. - Methods for enhancing habitat value of artificial structures by establishing surfgrass (<i>Phyllospadix torreyi</i>).....	264
HENRIQUEZ P., BADALAMENTI F., CHEMELLO R., D'ANNA G., RIGGIO S. - Are artificial reefs related to adjacent natural rocky areas? A mollusc case study in the Gulf of Castellammare (NW Sicily).....	266
MORENO I., MORANTA J., COLL J., REÑONES O. - Effects of substrata on the artificial reef fish assemblage in Santa Eulalia Bay (Ibiza island, Western Mediterranean).....	268

RUIZ FERNÁNDEZ J., GUTIERREZ ORTEGA J.M., GARCÍA CHARTON J.A., PÉREZ RUZAFÀ À. - Spatial characterization of seagrass (<i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile) meadows in Mediterranean artificial reefs (Murcia, SE Spain).....	270
WILDING T.A., SAYER M.D.J. - Evaluating artificial reef performance approaches to pre-deployment research (Evaluation of reef performance) ..	272
WILDING T.A., SAYER M.D.J., LARSON K. - The manufacture of artificial reef blocks using quarry by-products (Artificial substrata reefs).....	273
ARDIZZONE G.D., BELLUSCIO A. - Artificial habitats for fishery restocking in oligotrophic waters (Ponza island, Central Tyrrhenian Sea).....	274
BACCHIOCCHI F., CECCHERELLI V.U., LAMBERT A., DREI E. - Analysis of the benthic community in two areas protected by stone reef barriers	276
BADALAMENTI F., D'ANNA G., GRISTINA M., PIPITONE C., PARISI R. - Influence of the Alcamo Marina artificial reef (NW Sicily, Italy) on the adjacent soft bottom area	278
BAYLE J.T., RAMOS A.A. - Fish assemblage associated to an alveolar artificial reef in the marine reserve of Tabarca (Alicante, Spain, SW Mediterranean): temporal dynamics and successional trends.....	280
BAYLE J.T., RAMOS A.A., ZABALA M. - Assessing the effectiveness of the experimental artificial reef of Tabarca (Alicante, Spain, SW Mediterranean): comparison of the artificial structures with a natural rocky and seagrass bottoms ..	281
BORDES F., COELLO D., OJEDA M.D. - Small-scale systematic echosurveys for estimating fish density in three artificial reef areas of Lanzarote and Gran Canaria (Canary Islands).....	282
BUCHARY E.A., PITCHER T.J., HUTTON T. - Application of marine ecosystem modelling to artificial reef deployment studies Ecospace: a demonstration.	283
CHOJNACKI J.C., RACZYNSKA M. - Ecological effect of artificial reef in Pomeranian Bay (Baltic Bay).....	284
DE SOUZA E.G.A., ZALMONI R., DE ALMEIDA T.C.M. - Fish assemblages and environmental variables on an artificial reef - Rio de Janeiro, Brazil...	285
COSTA MONTEIRO C., NEVES SANTOS M. - Artificial reef systems: a tool for the Algarve coast fisheries management plan	287
FALÇAO M., VALE C., NEVES SANTOS M. - An ecological comparison between two artificial reef systems (South of Portugal): chemical evolution on water column and sediment.....	288
GOUVEIA L , DELGADO J.H., ALVES A. - A new project on artificial reefs in Madeira Island	290
HAROUN R.J., HERRERA R., GARRIDO M.J. - Comparative study of the marine biota before and after the deployment of an artificial reef in Gran Canaria Island (Canarian Island, Spain)	291
GARCÍA CHARTON J.A., PEREZ RUZAFÀ À - Shipwrecks as artificial reefs in the coast of Murcia (Southeast Spain).....	292

JORDAN L.K.B., GILLIAM D.S., SHERMAN R.L., SPIELER R.E. - Reef fish assemblage structure affected by small-scale spatial variations of artificial patch reefs: preliminary results	294
LOZANO ÀLVAREZ E., NEGRETE-SOTO F., WEISS H.M. - Abundance and interactions of moray eels (<i>Gymnothorax moringa</i> and <i>G. vicinus</i>) and spiny lobsters (<i>Panulirus argus</i>) in artificial shelters.....	295
ODORICO R., BUSSANI M., MORA G. - Use of polyethylene in artificial structures: Ecomare project.	297
OJEDA M.D., COELLO D., HAROUN R.J. - Artificial reef in the Canarian autonomous community: a decade of development.....	299
HARRIS L.E. - New methods for using artificial reefs for habitat protection, mitigation and restoration.....	300
STRAITH J., RODGERS W.J. - British Columbia's artificial reef program: a study in alternative approaches to artificial reef development and management	302
SHIPP R.L. - The artificial reef debate: are we asking the wrong questions?...	303

INDICE per AUTORI

A

AABEL J.P. 217, 219
ABBIATI M. 222
ABELSON A. 164
AKEDA S. 243
ALDANA J. 51
ALSPACH G.S. Jr. 154
ALVAREZ S. 1
ALVES A. 290
AN N. T. 235
ANDALORO F. 236
ANDRADE C.A.P. 224
ANGEL D.L. 227
ARAI K. 231
ARDIZZONE G.D. 274

B

BACCHIOCCHI F. 276
BADALAMENTI F. 266, 278
BAINE M. 212
BAQUEIRO-CARDENAS E. 51
BAYLE J.T. 280, 281
BELLUSCIO A. 274
BENTLEY M.G. 140
BOMBACE G. 173
BORDES F. 282
BORTONE S.A. 136
BRESSAN G. 20, 158, 159, 161
BRIONES FOURZÁN P. 156
BRUZAMOLLIN F.P. 146
BUCHARY E.A. 109, 283
BULLOCK A.M. 172
BURTON W.H. 144, 245
BUSSANI M. 297
BYERS J.E. 259

C

CASELLE J. 201
CECCALDI H.J. 43
CECCHERELLI V.U. 222, 276
CHARBONNEL E. 194
CHARTON J.A.G. 146
CHEMELLO R. 266

CHOJNACKI J.C. 284
CHOU WEI-RUNG 204
CHRISTIAN R. 178
CLARKE S. 168, 170
COBB J.R. 112
COELLO D. 282, 299
COEN B. 236
COLL J. 268
COLLINS K.J. 106, 147, 200
CONLEY K.W. 240
CONLIN B.E. 144, 245
COSGROVE J.A. 240
COSTA MONTEIRO C. 114, 116, 287
COUTINHO R. 149
COWAN J.H. Jr. 123
CRIPPS S.J. 217, 219

D

D'ANNA G. 266, 278
DANOVARO R. 263
DE ALESSI M.L. 177
DE ALMEIDA T.C.M. 285
DE ANGELIS G. 120
DE SOUZA G.A.E. 149, 285
DEAN T.A. 190
DELGADO J.H. 290
DEWITT O.M. 154
DEYSHER L.E. 190
DITTON R.B. 180
DIVIACCO G. 11
DODRILL J.W. 80
DREI E. 276
DÜZBASTILAR O. 182, 188

E

EAST J. 200
ESPINO F. 133

F

FABI G. 220, 257
FALACE A. 20, 158, 159, 161
FALCÃO M. 288
FANG LEE-SHING 204

FARIA V.V. 138
FRUMKES D.R. 207
FUKUHARA Y. 185
FUSARO C. 201

G

GAMBI C. 263
GARCÍA CHARTON J.A. 118, 270, 292
GARRIDO M.J. 133, 142, 291
GILLIAM D.S. 162, 294
GODOY vedi DE SOUZA
GOMES M.P. 138
GOUVEIA L. 290
GRATI F. 220
GRISTINA M. 278
GROVE R.S. 187, 190, 249
GUTIERREZ ORTEGA J.M. 270

H

HAFNER J.C. 112
HAGEN N.T. 70
HAGGAN N. 170
HAGINO S. 243
HAROUN R.J. 133, 142, 291, 299
HARRIS L.E. 300
HASUO T. 231
HELVEY M. 209
HENRIQUEZ P. 266
HERNÁNDEZ J. 51
HERRERA R. 133, 142, 291
HIDEAKI N. 233
HOLBROOK S.J. 264
HONMA A. 152
HOTTA K. 235
HOVDA J. 217, 219
HUMBORSTAD O.B. 215
HUTTON T. 109, 283

I

IIDA Y. 231
INGRAM G.W. Jr. 129
ITOSU C. 90

J

JACOBSEN T.G. 219
JAHN A. 190

JENSEN A.C. 106, 147, 200
JORDAN L.K.B. 294
JØRGENSEN T. 210, 214, 215

K

KAKIMOTO H. 60, 183
KANEKO T. 232
KATAYAMA K. 60
KENNISH R. 168, 170
KIMURA K. 231
KITAHARA S. 152
KOMAI Y. 90
KRESS N. 196
KUWABARA S. 185

L

LAISTER S. 168
LAM K.Y. 225
LAMBERT P. 240
LAMBERTI A. 276
LARSON K. 172, 273
LENIHAN H.S. 259
LEUNG A.W.Y. 166, 170
LINDBERG W.J. 261
LO J. 168
LÖK A. 182, 188
LØKKEBORG S. 210, 214, 215
LONG B.H. 235
LOVE M.S. 201
LOZANO-ÁLVAREZ E. 156, 295
LUCCARINI F. 257
LUCCHETTI A. 220
LUQUE A. 1

M

MAHER T. 175
MAK Y.M. 170
MALLINSON J.J. 200
MATSUBARA Y. 233
MAZZOLA A. 263
McCAWLEY J.R. 123
METIN C. 182, 188
MEYER T. 192
MIKI K. 231
MILLER M.W. 111
MIRTO S. 263

MORA G. 297
MORANTA J. 268
MORENO I. 268
MORIGUTI A. 231
MUDGE S.M. 200

N

NAGANO K. 231
NAKAMURA M. 232, 253
NARUMI H. 152
NEGRETE-SOTO F. 295
NEVES SANTOS M. 114,116,287,288
NISHIMOTO M. 201
NODA M. 60, 183
NORALL T. 249
NOVELLI R. 138

O

ODORICO R. 297
OHMURA Y. 231
OJEDA M.D. 282, 299
OKAMOTO M. 29
OKUNO JUN-ITI 232
OSBURN H.R. 180
OSEMBERG C.W. 261
OTAKE S. 232, 253

P

PALANDRI G. 121
PANFILI M. 257
PAPACONSTANTINOU C. 173
PARISI R. 278
PARKS W. 154
PATTON M.L. 187
PATTERSON W.F. 123
PEREIRA BRANDINI F. 146
PÉREZ RUZAFÁ Á. 118, 270, 292
PETERSON C.H. 259
PICKERING H. 229
PIPITONE C. 278
PITCHER T.J. 109, 283
PONDELLA D.J. III 112, 127, 134
PONTI M. 222
PORTIER K. 238
POTOSCHI A. 236
PUGLIESE R. 150

R

RACZYŃSKA M. 284
RAMOS-ESPLÁ A. 131, 280, 281
REED D.C. 247, 264
RELINI G. 120, 121
RELINI M. 120, 121
REÑONES O. 268
REUSS G.M. 1
RIGGIO S. 266
RODGERS W.J. 302
RUIZ FERNANDEZ J. 270

S

SÁNCHEZ-JEREZ P. 131
SAYER M.D.J. 172, 272, 273
SCHEFFER DA SILVA A. 146
SCHILLAK L. 192
SCHROEDER D.M. 201, 205
SCHROEDER S.C. 247
SEAMAN W. Jr. 107, 238
SEINO K. 185
SERRE C. 194
SETO M. 232
SHAH A. 125
SHERMAN R.L. 162, 294
SHIPP R.L. 123, 129, 303
SHLESINGER Y. 164
SHULMAN FARRAR J. 144, 245
SHYUE SHIAHN-WERN 255
SINOPOLI M. 236
SMILEY B.D. 240
SMITH I.P. 106, 147, 200
SOLDAL A.V. 210, 214, 215
SOLUSTRI C. 257
SPAGNOLO A. 257
SPANIER E. 196, 227
SPEIR C. 154
SPIELER E. 162, 294
STEIMLE F.W. 144, 245
STEPHENS J.S. Jr. 112, 127, 134
ST. MARY C.M. 261
STRAITH J. 302
STRELCHECK A. 123
SUZUKI T. 198, 235
SVELLINGEN I. 210

T

TAHARA M. 60
TAKAGI N. 231, 243
TAKAKI N. 243
TAKEUCHI T. 242
TANIYAMA M. 231
TAZUKA M. 231
TEIXEIRA DA SILVA E. 146
TERAJIMA T. 231
THAYER G.W. 259
TODD C.D. 140
TOKAÇ A. 182
TOM M. 196
TORCHIA G. 120, 121
TROVARELLI L. 220
TSUMURA K. 60, 183
TUNESI L. 11
TURPIN R.K. 136
TUYA F. 1

U

UEKITA Y. 232, 253
ULAS A. 182, 188

ÜNSAL S. 188

V

VALE C. 288
VEGA FERNANDEZ T. 118

W

WEISS H.M. 295
WEN-MIIN TIAN 251
WILDING T.A. 172, 272, 273
WILSON J.A. 261
WILSON K.D.P. 166, 168
WORKMAN I.K. 125

Y

YANO K. 152, 185
YOKOYAMA T. 231

Z

ZABALA M. 281
ZABLOUDIL K. 249
ZALMON I.R. 138, 285
ZULIANI A. 20

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI DICEMBRE 2002

Erredi Grafiche Editoriali S.n.c. - Via Trensasco, 11 - Genova