

## 1. *Introduzione*

Secondo la definizione di Muckelroy, «il naufragio, comprendente anche l'affondamento e la deposizione sul fondale, rappresenta quell'evento attraverso il quale un assemblaggio di manufatti, ordinato e dinamico, assume una condizione statica e relativamente disorganizzata» (MUCKELROY 1978, pp. 157, 169). Tra questo momento e quello della scoperta, processi naturali e "culturali" possono intervenire e traslocare, modificare, dissolvere manufatti o alterare l'assetto dei sedimenti che li inglobano.

I processi ambientali si dividono in chimici (che non tratteremo in questa sede ma per i quali si rimanda alla letteratura specifica), fisici e biologici. Questi ultimi possono essere dovuti ad agenti floreali o faunistici.

L'interpretazione dell'evidenza archeologica di arrivo deve prendere in considerazione tali avvenimenti per arrivare alla ricomposizione dello scafo dagli elementi superstiti e al riconoscimento, all'interno di questo, di aree di attività. Tale metodo è utile anche all'opera di localizzazione dell'armamento e dalla ricostruzione della disposizione del carico (cfr. BELTRAME 1997). A livello di tutela archeologica, conoscere gli agenti di deterioramento e i loro modi e tempi di azione significa essere in grado di pianificare interventi conservativi adeguati (cfr. anche BROWN, BUMP, MUNCHER 1988, p. 143; OXLEY 1992; 1995). In ultima, l'esperienza sui processi formativi è guida indispensabile nelle prospezioni di ricerca.

A confronto con gli equivalenti processi deposizionali e postdeposizionali dei siti terrestri, quelli del relitto hanno molte caratteristiche peculiari. Le componenti ambientali attive in mare, infatti, sono diverse da quelle agenti in terra e comunque estranee alla nostra esperienza quotidiana (MUCKELROY 1978, p. 158).

La dinamica della formazione del relitto è stato uno dei campi di indagine centrali dell'archeologia sottomarina ma, dopo un notevole interessamento iniziale, non si è prodotto un serio approfondimento del problema.

Uno dei pionieri dell'archeologia subacquea, Frédéric Dumas, nella sua opera *Deep-Water Archaeology* (1962) (trad. francese: *Épaves Antiques* (1964),

primo testo di riferimento di questa disciplina, dedica largo spazio all'argomento della formazione del relitto, dimostrando di avere compreso precocemente l'importanza dell'ambiente di giacitura. Le osservazioni dell'autore si basano su quei pochissimi relitti fino ad allora indagati e sull'analisi diretta di alcuni siti inviolati anche moderni. Un suo grande merito è la convinzione della necessità di conoscere le leggi sulla formazione del relitto in funzione della comprensione della meccanica di disgregazione e delle probabilità di conservazione, ma anche – prima della programmazione di uno scavo – dell'importanza di tali nozioni al fine di adottare la strategia di indagine più consona (1).

Il Dumas, in un contributo più recente (cfr. 1972, pp. 32-33), distinguendo il fondale in tre classi (sabbioso, roccioso e sotto falesia) sostiene che solo in prossimità di pareti a picco è possibile una buona conservazione dei relitti e che le poche testimonianze archeologiche restituite dai fondi rocciosi non possono essere di alcun interesse scientifico poiché alla mercé delle onde ed orfane di ogni contesto. Contro quest'asserzione si muoverà, a più riprese, la scuola inglese (cfr. MUCKELROY 1977, p. 47; PARKER 1979; 1981; GIBBINS 1990, p. 382).

Malgrado le indubbie capacità deduttive dello studioso di fronte agli esigui dati disponibili, i suoi rimangono lavori piuttosto teorici e debitori di maggiori riscontri pratici (FROST 1963, p. 124).

Durante gli anni successivi, con la produzione dell'inglese Muckelroy, si assiste ad un notevole salto di qualità. Profondamente influenzato dall'archeologia analitica del Clarke (1968), egli ne importa le procedure statistiche per l'analisi della distribuzione artefattuale (cfr. MUCKELROY 1975; 1978, pp. 196-214; GIBBINS 1990, p. 378).

Dimostrando il suo enorme interesse per i fattori ambientali e culturali operanti nella formazione del sito archeologico sottomarino (cfr. MUCKELROY, BAKER 1979), il Muckelroy misura il grado di correlazione tra la qualità dei resti archeologici ed un numero di attributi ambientali dimostratisi significativi in studi paralleli di altre scienze, come la biologia e la geomorfologia costiera (2). I risultati, sebbene interessanti, possono valere per lo più per le coste britanniche, dissimili da quelle del Mediterraneo (MUCKELROY 1977; PARKER 1981, p. 311). Il ricercatore, inoltre, additando i casi della *Punic Ship* di Marsala e dell'*Amsterdam*, sconfessa le teorie precedenti riconoscendo l'eventualità di una preservazione di relitti anche in bassissimi fondali, pro-

(1) Su tale posizione si pone contemporaneamente la Frost (1962, p. 82).

(2) Il Muckelroy è uno strenuo sostenitore della necessità di una collaborazione interdisciplinare per l'analisi dei giacimenti sottomarini e la comprensione dei relativi processi di formazione (MUCKELROY 1978, pp. 181-182). Per uno dei rarissimi tentativi di applicazione di tale metodologia in Italia cfr. TORTORICI, BRESSAN 1994, pp. 110-114.

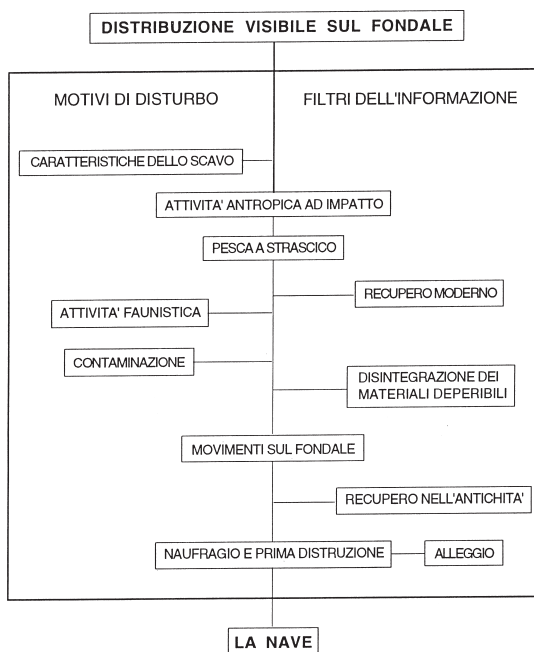


Fig. 1 – Diagramma di flusso del processo di formazione del relitto, secondo Muckelroy (1978, fig. 5.1), con sostanziali modifiche di Keith e Simmons (1985, fig. 11) e, successivamente, da parte nostra. Per “filtri dell’informazione” si intendono i processi che sottraggono dati al giacimento.

vando quindi analiticamente che il fattore profondità non è una variabile di rilevante capacità discriminatoria (MUCKELROY 1977, pp. 47-49).

Muckelroy, infine, propone, come primo modello della formazione di un relitto, un diagramma di flusso in cui compaiono “filtri” che sottraggono informazioni e meccanismi di semplice disturbo all’assemblaggio (Fig. 1) (cfr. MUCKELROY 1978, pp. 165-182 e fig. 5.1; GIBBINS 1990, p. 379).

La metodologia di tipo analitico del Muckelroy viene condivisa dal Parker che, in un articolo dell’81 (cfr. PARKER 1981), sulla scia del suo predecessore (cfr. MUCKELROY 1978, p. 57), confuta la teoria canonica del relitto come deposito chiuso (o “capsula temporale”) portando vari esempi di contaminazioni tra relitti o di infiltrazioni di altro materiale più recente nel giacimento.

Dopo l’edizione del noto manuale del Gianfrotta e del Pomey (1981) – in cui quest’ultimo affronta diffusamente l’argomento in una prospettiva di tipo intuitivo – e successivamente a quella degli atti della conferenza organizzata nell’81 dalla *School of American Research* sull’“antropologia del relitto”

(cfr. GOULD 1983) – in cui gli archeologi statunitensi di matrice antropologica si dimostrano sensibili a tematiche di tipo “processualista” (3) – dobbiamo attendere il '90 per la produzione di altra letteratura sull'argomento. In quest'anno il Ferrari e l'Adams (1990), soffermandosi su un aspetto particolare dei processi postdeposizionali, illustrano l'opera di disturbo degli agenti faunistici.

Il problema della conservazione e dei processi trasformativi dei singoli materiali sul fondo marino è stato affrontato quasi sempre da specialisti quali chimici o biologi. Questi, ad esclusione della Robinson (1981; 1982), hanno il difetto di utilizzare un lessico molto tecnico che crea complicazioni nel dialogo con l'archeologo interessato al problema. Il lavoro più sostanzioso del settore, ma oramai datato, è quello della Weier (1973) sulle alterazioni dei materiali non organici.

In conclusione, possiamo dire che la speculazione sui processi formativi del relitto è in una condizione di relativo ritardo, perlomeno se paragonata alla poderosa letteratura pubblicata nell'ultimo decennio nel campo “terrestre” (4), ma le recenti proposte delle accademie di St. Andrews (da dove provengono i due scienziati sopra citati) e Leicester fanno ben sperare per una rapida ripresa (5).

## 2. *Processi di formazione*

### 2.1 DINAMICHE DI NAUFRAGIO

Le condizioni e la violenza del naufragio hanno un peso determinante sulla formazione del giacimento. Assai diverse sono le caratteristiche del sito di una nave infrantasi violentemente contro gli scogli da quelle di un'imbarcazione colata a picco in seguito ad una semplice falla, senza che lo scafo abbia subito ingenti danni ed il carico sia stato disperso (MUCKELROY 1978, p. 170; GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 61).

Ricordando che il naufragio non è un evento puntuale ma anch'esso un processo condizionante il *record* archeologico di arrivo, elenchiamo ora le principali delle numerose cause che lo determinano. Esse sono (6): il rove-

(3) Segnaliamo la forte reazione espressa contro il paradigma antropologico, nella stessa sede, da parte del Bass (1983).

(4) A questo riguardo vanno citati, in particolare, i manuali e tutte le precedenti pubblicazioni dello Schiffer (1976; 1987 e bibl. cit.), ma anche i lavori del Binford (1979), del Nash con il Petraglia (1987) e gli atti del seminario patavino del '91 (LEONARDI 1992).

(5) Cfr. per la ricerca: GREGORY 1995; OXLEY 1995; mentre per l'aspetto applicativo della mentalità processualista nell'analisi di un relitto cfr. BASS, VAN DOORNINCK 1982; KEITH, SIMMONS 1985.

(6) Per le tipologie di naufragio cfr. anche DUMAS 1964, p. 35; BASCOM 1976, pp. 73-77.

sciamento, il cannoneggiamento, l'incagliamento su scoglio, l'incagliamento su secca, lo speronamento, la collisione tra imbarcazioni, il cedimento strutturale, l'incendio (7), l'autoaffondamento (8), la collisione su falesia (9), lo spiaggiamento volontario (10) o involontario (11).

Il carico può essere sbalzato fuori o fuoriuscire per una breccia nella carena o un ribaltamento. I materiali, specie in questi ultimi due casi, si dispongono sul fondale tracciando uno strascico che, marcando gli ultimi passi della nave, finisce in coincidenza della presenza stessa del relitto. Le imbarcazioni più esposte a tale dinamica di dispersione sembrano essere quelle postmedievali che, rispetto a quelle classiche, trasportano un peso maggiore di zavorra. Questa, una volta fuoriuscita in conseguenza di un impatto su una secca, permetteva al natante, privo di carichi pesanti quali le anfore, di galleggiare per un certo periodo in superficie disperdendo i materiali, come ricostruito per la *Kennemerland* (MUCKELROY 1978, pp. 172-175).

La fuoriuscita di oggetti dall'imbarcazione può essere anche frutto di un'azione volontaria. Si tratta cioè del "getto a mare", operazione consistente nell'alleggerimento della nave in pericolo espellendo il carico e l'attrezzatura (specialmente quella più pesante e meno preziosa) nel tentativo di riacquistarne il governo (12). Elementi della nave che vengono gettati certo di proposito sono le ancore, utilizzate in successione per vincere la spinta dei marosi o delle correnti trainanti verso la costa. Essendo in epoca antica frequente la loro perdita, dovuta al collegamento all'imbarcazione con corde, è possibile riconoscere sul fondale allineamenti di questi attrezzi culminanti con la presenza di un relitto.

Durante lo sprofondamento del natante si verifica un fenomeno di sele-

(7) Cfr. relitti: di El Sec (GIANFROTTA 1981, p. 16), di Guernsey (RULE, MONAGHAN 1993, p. 16), di Laifons (IV) (XIMÉNÉS, MOERMAN 1987, pp. 171-182), di Marina di Fiori (BERNARD 1994; 1995), di Pomégues (GASSEND 1978), di Bataiguièr (dove erano presenti anche le ossa di tre individui) (JONCHERAY 1976) e, moderni, di Cap Lardier (POLLINO, VIALANT 1987) e *La Girafe* (VILLIÉ 1987) ecc.

(8) Un autoaffondamento documentato sia dalle cronache che dall'evidenza archeologica è quello della fusta veneziana del Lago di Garda (cfr. SCANDURRA 1972, pp. 209-210).

(9) Cfr. i relitti del Grand Congloué (BENOIT 1961; LONG 1987a) e Porto Badisco (LAMBOGLIA 1974, pp. 163-165).

(10) Nel caso di perdita di controllo della rotta, per scongiurare un impatto sugli scogli o, perlomeno, per salvare l'equipaggio (DUMAS 1964, p. 35), la nave può venire intenzionalmente indirizzata verso una spiaggia. Tale pratica è testimoniata anche dal racconto del viaggio di S. Paolo (*Atti degli Apostoli*, XXVII). Altrettanto attestato da fonte letteraria, nonché confermato dal dato archeologico, è lo spiaggiamento della nave *Amsterdam* (cfr. GAWRONSKI 1986, pp. 36-44).

(11) Per i relitti spiaggiati in genere cfr. BELTRAME in c.s.

(12) Numerose fonti scritte, quali il *Digesto* (XIV, 2) o gli *Atti degli Apostoli* (XXVII) testimoniano la diffusione di quest'uso nell'antichità (GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 69).

zione dei materiali in base alla loro densità. Gli oggetti con peso specifico inferiore a quello dell'acqua tendono a galleggiare in superficie, perlomeno fino al momento del loro imbibimento (DUMAS 1964, p. 30; MUCKELROY 1978, p. 166). Molti di essi quindi vengono allontanati dalla corrente in direzione della costa (13). Tuttavia, tali oggetti, trovandosi sottocoperta, malgrado la loro leggerezza, potrebbero rimanere intrappolati nella stiva ed essere trascinati sul fondo forzatamente e definitivamente.

Qualunque sia l'assetto dell'imbarcazione al momento dell'affondamento, dopo pochi metri di discesa, essa si ristabilisce in posizione verticale: ciò è dovuto al profilo idrodinamico degli scafi maggiormente favorevole ad un'immersione di chiglia ma anche all'effetto-timone degli alberi che radrezza il natante in posizione di navigazione. Il riscontro archeologico a questa teoria viene dall'esiguità del numero di relitti adagiati sul fondale in posizione rovescia: uniche eccezioni a noi note sono infatti il relitto *Grand Ribaud D* (cfr. HESNARD *et al.* 1988) Bagand 2 (LONG 1985) e quello moderno di Cefalù (cfr. PURPURA 1993, pp. 171-173) (14).

Al momento del contatto col fondale, il carico può andare incontro a danneggiamenti e traslocazioni (DUMAS 1964, p. 30): sul relitto ellenistico di Portopalo (Siracusa), lo strato inferiore di anfore si presenta frammentario per lo schiacciamento causato dal livello superiore che è in condizioni, al contrario, ottime (cfr. BASILE in c.s.). Inoltre, il carico di anfore del relitto *Cala Culip IV*, in conseguenza del rovesciamento, è andato ad insistere sul più fragile vasellame, schiacciandolo e quindi riducendolo in frammenti (cfr. NIETO PRIETO *et al.* 1989, p. 29).

## 2.2 DECOMPOSIZIONE SUL FONDALE

Una volta trovata una posizione stabile sul fondale – solitamente, adagiato sulla chiglia e su una fiancata, all'altezza del ginocchio (Fig. 2) (GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 64) – per lo scafo inizia la fase di decadimento meccanico (BROWN, BUMP, MUNCHER 1988, p. 143).

In questo primo momento, fino alla profondità di 40 m (Nesteroff 1972, p. 176), l'agente fisico maggiormente responsabile delle alterazioni è il moto ondoso. Le sovrastrutture della nave, circondate solo dall'acqua, vengono distrutte. I primi elementi a crollare sono probabilmente gli alberi con le manovre e le vele che offrono un'ampia superficie di resistenza al moto oscillatorio dell'onda. Poiché si conoscono solo le testimonianze di due porzioni

(13) Tra questi: sartie, velature, botti, elementi dello scafo ecc.

(14) Escludiamo il relitto *Cala Culip IV* (cfr. NIETO PRIETO *et al.* 1989, pp. 24-26) poiché il suo ribaltamento sembra essere avvenuto solo negli ultimi tre metri dal suolo, per l'impatto con uno sperone roccioso (NIETO PRIETO *et al.* 1989, pp. 24-26).

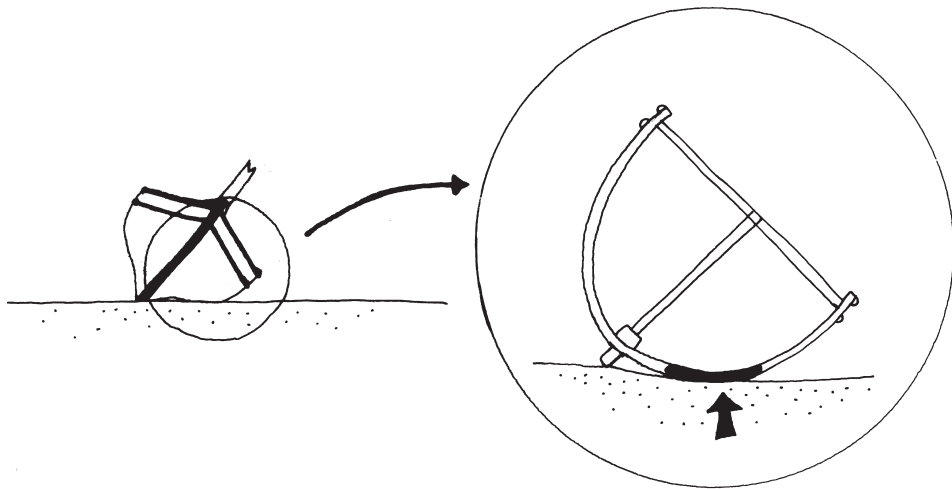


Fig. 2 – Punto di appoggio dell'imbarcazione, una volta toccato il fondale (G. Boetto).

di alberi di maestra (15), supponiamo che si verifichi una loro uscita dalle sedi di fissaggio e che essi vaghino liberamente per essere distrutti altrove.

Sotto i 40 m circa, i relitti sono immuni dalla causa più immediata della distruzione dello scafo (ossia il moto ondoso). La carena comunque subisce un forte imbibimento del legno che provoca l'abbattimento delle murate, oltretutto gravate dal carico (DUMAS 1964, p. 31; 1972, p. 30), ed il crollo della coperta.

Gli elementi lignei vengono anche aggrediti ed alterati da funghi e batteri – a livello superficiale (MORTON 1978, pp. 129-131; ROBINSON 1981, p. 4; GRATTAN 1987; BROWN, BUMP, MUNCHER 1988, pp. 117-118) – e da organismi quali la *Teredo navalis*. Quest'ultima, come gli altri tarli del legno, agisce solo in condizioni aerobiche non intaccando quindi strutture protette da sedimenti (ROBINSON 1981, p. 4).

La *Teredo navalis* è il più comune e veloce distruttore del legno fino alla profondità di circa 200 m (FLORIAN 1987a, p. 15). Tale mollusco penetra nelle strutture dello scafo scavando delle gallerie e nutrendosi dei prodotti di quest'operazione (cfr. MORTON 1978). La superficie esterna del pezzo aggredito, benché interessata da alcuni forellini, può apparire in buone condizioni anche quando l'interno è solo un groviglio di cavità senza consistenza.

La Teredine può insediarsi nello scafo prima dell'affondamento (RULE,

(15) Rispettivamente dei relitti di Albenga (cfr. PALLARÉS 1986a, fig. 2; BELTRAME 1996, p. 135) e *Dramont E* (cfr. SANTAMARIA 1995, pp. 164-171).

MONAGHAN 1993, p. 122; STEINMAYER JR, MACINTOSH TURFA 1996). Una volta sul fondale, gli organismi presenti continuano la loro attività ed altri di nuovi si aggiungono: l'imbarcazione cioè, durante il periodo di attività, «possiede già in sé il germe della sua distruzione» (BASCOM 1976, p. 112). Conseguentemente, l'assenza di alcuna traccia di questo mollusco su un relitto, come nel caso di Ma'agan Micha'el, deve farci sospettare che il natante sia naufragato durante uno dei suoi primi viaggi (cfr. LINDER 1992, p. 31).

Le parti dello scafo che si deteriorano per prime sono le pernaccie, i timoni (16), il ponte e i puntelli di sostentamento. Normalmente, rimane solo l'opera viva, composta da chiglia (17), paramezzale, scassa dell'albero, tavole di fasciame, ordinate e, meno frequentemente, pagliolato.

Le murate tendono a spezzarsi al livello del ginocchio, punto in cui lo scafo assume una curvatura più chiusa e quindi è maggiormente debole. Una volta abbattute, col tempo, esse tendono a rilassarsi e "copiare" la morfologia del fondale.

Sono rare le imbarcazioni di epoca classica che conservano la parte alta delle fiancate e testimonianze delle sovrastrutture. Il *Laurons II* (GASSEND, LIOU, XIMÉNÉS 1984) e il relitto "A" di Alghero (RICCARDI 1994) hanno mantenuto buona parte del ponte e del parapetto. Le fiancate di quattro relitti classici si sono preservate invece fino al trincarino (ad un livello cioè più basso): quello di Procchio (cfr. ZECCHINI 1982), Punta Ala (cfr. FERRANDI 1980), Punta Scaletta (cfr. LAMBOGLIA 1964; FERRANDI 1980) e Grado (cfr. DELL'AMICO 1990). Negli ultimi due casi, le condizioni eccezionali di conservazione sono dovute al riversamento pronunciato del carico da un lato che ha offerto protezione al legno (DUMAS 1964, p. 31; GIANFROTTA, POMEY 1981, pp. 63-65 e 67).

La meccanica del rovesciamento su un fianco è ricostruibile bene osservando la pianta dei resti della nave di Diano Marina (Fig. 3). Qui, una murata venne sfondata dal peso degli ziri stivati centralmente. Alcuni di essi quindi fuoriuscirono di lato mentre le anfore impilate alle estremità, prive del sostegno centrale, crollarono verso l'interno dell'imbarcazione (cfr. PALLARÉS 1983, pp. 104-105).

La conservazione dello scafo dipende comunque, in gran parte, dalla protezione garantita da un carico di materiale non deperibile in grado di

(16) Unica eccezione, per un'imbarcazione di età classica, è la conservazione di porzione di timone nei relitti *Laurons II* (cfr. GASSEND, LIOU, XIMÉNÉS 1984) e *Kyrenia* (cfr. STEFFY 1989, p. 254 e fig. 9).

(17) L'eccezionale assenza della chiglia su alcuni relitti antichi – tra cui il *Saint Gervais II* (cfr. JEZEGOU 1989) e il *Gela 2* (inf. A. Benini) – fa pensare che, nel caso di un impatto violento contro una secca, essa possa venire strappata dal resto della struttura che andrebbe così a posarsi sul fondo già priva di tale elemento (inf. P. Pomey).



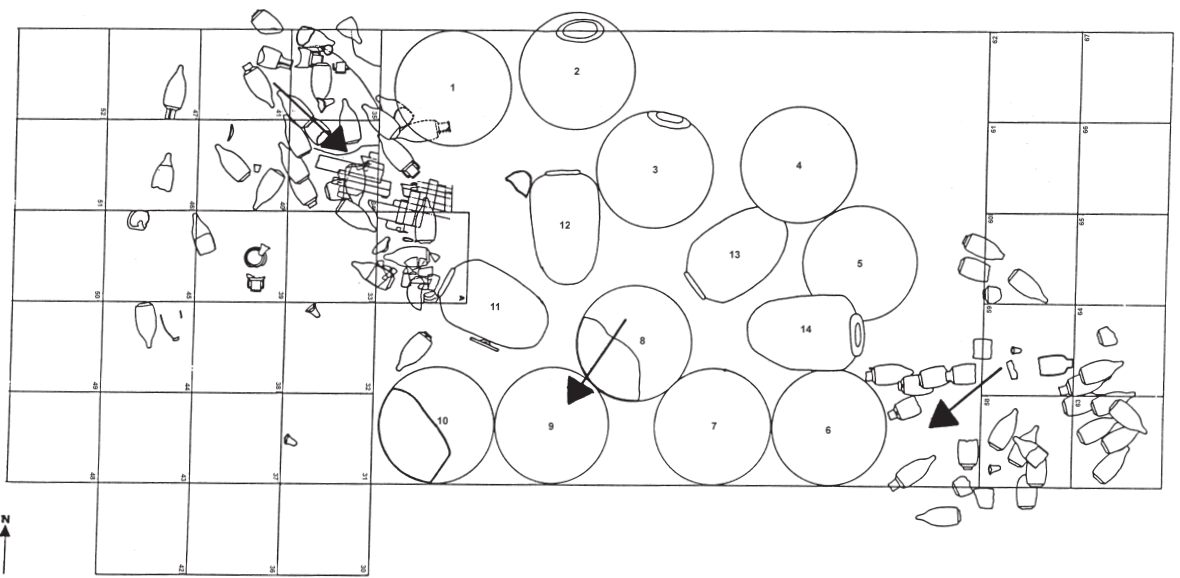


Fig. 3 – Meccanica di crollo del carico nel relitto di Diano Marina. Crollata la murata ovest, i *dolia* si dislocano verso questa direzione mentre le anfore sono indirizzate maggiormente verso il centro (da PALLARÉS 1983, fig. 40).

offrire una difesa specialmente dagli agenti fisici (DUMAS 1964, p. 27; 1972, pp. 30-31). È proprio l'assenza di questo elemento infatti che, salvo casi eccezionali, impedisce la conservazione di imbarcazioni militari mentre il mantenimento di relitti medievali o posteriori è sfavorito dal trasporto di contenitori facilmente deperibili quali i barili di legno. In un giacimento costituito da elementi litici sparsi sul fondale, spesso lo scafo si conserva esclusivamente al di sotto dei singoli blocchi, come evidente nel carico di sarcofagi romani di Torre Sgaratta (cfr. THROCKMORTON 1989). Nei relitti postmedievali, la preservazione del legno può essere garantita da cumuli di pietre di zavorra (18) o dai cannoni che, alloggiati lungo le fiancate, crollando, possono avere efficacia protettiva su porzioni di fasciame.

Su un fondale soggetto a sedimentazione, la presenza del relitto provoca alterazioni nel normale processo di deposito (DUMAS 1964, p. 169). Modificando la linea del fondo, il giacimento diviene una "trappola" per il flusso di sedimenti che si accumulano attorno alla nuova presenza e ne vengono trattenuti (DUMAS 1972, p. 29; NESTEROFF 1972, pp. 175-176; GIANFROTTA,

(18) Cfr. il relitto *Molasses Reef* (KEITH, SIMMONS 1985).



Fig. 4 – Effetto-trappola operato dal relitto sui sedimenti in movimento sul fondale (G. Boetto).

POMEY 1981, pp. 64-65) (19) (Fig. 4). L'accumulo sedimentario si distribuisce asimmetricamente e la superficie rivolta al flusso principale riceve un apporto più massiccio di quella sotto flusso (JONCHERAY 1975, p. 39). La conservazione del relitto dipende molto dalla velocità e dalla consistenza di questa copertura. Stesso discorso vale per il materiale organico che, se non viene rapidamente coperto e protetto da sedimenti, artefici di un ambiente riducente, inizia a deteriorarsi anche fino alla distruzione totale (cfr. anche GREGORY 1995, p. 64) (20). La scomparsa di parte del carico composto di materiale deperibile, creando dei vuoti, può causare la riorganizzazione spaziale di altri oggetti ad esso affiancati o sovrapposti (21).

La parte dell'imbarcazione protetta dai sedimenti entra in una fase di equilibrio chimico-fisico-biologico con l'ambiente circostante grazie alla quale non è più soggetta a decadimento massiccio (GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 67; BROWN, BUMP, MUNCHER 1988, p. 143) ma semmai ad un grado estremamente minore (GREGORY 1995, p. 61). È chiaro come eventuali porzioni di materia organica (quale lo scafo stesso), emergenti dal fondale al momento del ritrovamento, dovevano certo trovarsi, dall'epoca del naufragio fino a poco prima della scoperta, coperte da uno strato protettivo.

### 2.3 CONCREZIONAMENTO

In una fase successiva a quelle descritte, attirando su di sé la flora e la fauna, il relitto può venire sigillato da una spessa crosta di concrezioni. Elevandosi infatti sopra lo strato d'acqua in immediato contatto col fondale e quindi carente di ossigeno, il relitto offre condizioni biologiche ottimali. Si presenta cioè come un'“oasi” dove la flora ha un'ottima superficie di attecchimento e la fauna un'eccellente possibilità di rifugio e l'accumulo di orga-

(19) La quantità di sedimenti in moto sul fondale dipende dalla distanza dalla terraferma (NESTEROFF 1972, p. 175) e da foci fluviali.

(20) Per il problema del deterioramento del materiale organico cfr. FLORIAN 1987b.

(21) Sempre più evidente è la presenza, specialmente nei relitti classici, di carichi di materiali deperibili che, una volta deteriorati, lasciano ampie zone sgombre all'interno degli scafi. Tale fenomeno, a nostro avviso, meriterebbe un'attenzione maggiore di quella che ha ricevuto sino ad oggi. Sull'importanza dell'analisi dei resti organici nei relitti anche per la comprensione dei processi formativi cfr. HALDANE 1993.

nismi biologici e botanici forma una stratificazione calcarea (DUMAS 1964, p. 29; 1972, p. 29) (22). La sagoma che assume il giacimento così ricoperto è generalmente ellissoidale e può emergere dal fondale anche per 2-3 m. Questa copertura solida svolge una duplice funzione: da un lato contribuisce all'azione protettiva esercitata dai sedimenti obliteranti il relitto e quindi rallenta, o addirittura ferma, il processo di decadimento del sito; dall'altro impedisce ogni traslocazione di manufatti che rimangono così cementati tra loro (CLAUSEN, BARTO ARNOLD 1976, p. 166). Essa è una vera barriera tra il giacimento e l'ambiente esterno che impedisce anche processi di introduzione e sottrazione di manufatti (PARKER 1981, pp. 310-312). L'oneraria di Carole, completamente sigillata da una crosta di concrezioni spessa 30 cm (cfr. FOZZATI 1995, p. 48), presenta ancora almeno due strati di anfore perfettamente impilate che dimostrano come il processo debba essersi compiuto a breve distanza temporale dall'affondamento.

Un fenomeno particolare di concrezionamento è quello dei giacimenti comprendenti manufatti metallici. Questi, corrodendosi, producono un conglomerato spesso e solido di concrezioni in grado di saldarli fra loro (CLAUSEN, BARTO ARNOLD 1976, p. 166; GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 66; PARKER 1981, p. 312). La reazione può avere luogo sia con il bronzo (cfr. il relitto di Capo Chelidonia (BASS 1967, pp. 22-24 e figg. 1, 29) ) che con il ferro (cfr. il relitto "E" di Capo Graziano (BOUND 1992, pp. 58, 81-82)). Tale concrezionamento può raggiungere dimensioni notevoli come nel relitto di El Sec (Palma di Maiorca) (cfr. PALLARÉS 1972, pp. 288-289, figg. 2-5) o di Capo Testa (Sardegna) dove barre di ferro, costituenti il carico, ed un'ancora formavano una ganga di 18 per 8 m (cfr. PALLARÉS 1986b, p. 81).

In contesti di gacitura dove le particolari situazioni ambientali non permetterebbero normalmente la conservazione dello scafo o di materiali fragili quali la ceramica, il concrezionamento, dovuto alla presenza degli oggetti metallici, può inglobare e quindi essere di protezione anche verso altri materiali (23).

#### 2.4 CONTAMINAZIONE E SOVRAPPOSIZIONE (24)

È frequente il ritrovamento di relitti di varie epoche a breve distanza l'uno dall'altro o parzialmente sovrapposti. Ciò avviene per lo più presso

(22) Di grande interesse potrebbe rivelarsi uno studio geologico sulla stratificazione delle concrezioni dei relitti. L'invito, già formulato dal Dumas (1964, p. 28) e dalla Frost (1962) nel lontano '62, non sembra essere stato ancora raccolto.

(23) Cfr. il relitto di Capo Chelidonia (BASS 1967, pp. 41-47) per la conservazione di porzione dello scafo.

(24) Il concetto di contaminazione in un sito sottomarino è stato teorizzato per la prima volta dal Muckelroy (1978, pp. 56-57) ma per una trattazione esaustiva del fenomeno si veda il lavoro del Parker (1981).

alcune zone costiere, quali gli stretti, i promontori e i bracci di mare irti di secche o scogli, particolarmente frequentate e pericolose per la navigazione (GIANFROTTA, POMEY 1981, pp. 67-69; LENIHAN 1983, pp. 57-58) (25). La vicinanza di tali imbarcazioni favorisce contaminazioni di materiali traslocati per idrodinamismo (DUMAS 1964, pp. 25-26).

Il rischio di mescolamenti diminuisce con l'incremento dell'intervallo temporale che divide due depositi. Infatti, in genere, un relitto coerente che, dopo un certo periodo, viene coperto da sedimenti, da matte di rizomi di *Posidonia* o da uno strato di incrostazioni, si sottrae a rischi di infiltrazioni esterne. Poiché però la stratificazione può essere abbastanza lenta nella sua formazione, il relitto, nel frattempo, può subire ingressioni. Ciò può verificarsi durante eventuali interventi di recupero, con materiale accidentalmente perduto da imbarcazioni in superficie, con oggetti provenienti da relitti limitrofi (cfr. PARKER 1981, pp. 313-314). Strati sterili possono formarsi anche tra due relitti perfettamente sovrapposti garantendo quindi la distinzione netta tra i due depositi: presso la località Palud (Hyères) un relitto del VI d.C. insiste, dopo uno strato naturale divisorio, su un'imbarcazione massaliota (cfr. LONG, VOLPE 1996) (Fig. 5).

Oltre a depositarsi su un altro relitto, un'imbarcazione potrebbe andare ad insistere sopra un sito abitato, in prossimità della costa. Eccezionale in questo senso è il caso della sovrapposizione di un vascello spagnolo ad un sito preistorico inondato della Florida (cfr. COCKRELL, MURPHY 1978; MURPHY 1990).

La vicinanza alla terraferma può essere causa anche di contaminazioni con materiali gettati o di crollo: a Camarina, l'erosione del promontorio ospitante l'acropoli dell'antica città ha provocato la caduta in mare dei blocchi litici della cinta muraria che ora vengono a trovarsi sui resti sparpagliati di un relitto classico (Fig. 6).

I relitti maggiormente esposti a contaminazione sembrano essere quelli presso la spiaggia sia per la notevole densità di naufragi che per l'alta frequentazione antropica (BELTRAME in c.s.). Ma anche i fondali dei porti, a causa del costume di ripulire le imbarcazioni approfittando della sosta e per la probabilità di presenza di materiali gettati dai moli, presentano un alto rischio di introduzioni di manufatti non pertinenti al relitto (GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 69).

Un fenomeno frequente di contaminazione avviene con gli attrezzi da

(25) Gli esempi più notevoli di concentrazioni di relitti in aree ristrette sono i fondali dell'isolotto di Planier, al largo di Marsiglia, e di quello di Yassi Ada, vicino a Bodrum (Turchia) (GIANFROTTA, POMEY 1981, pp. 68-69). Nella baia di Dor, giacciono a breve distanza numerosi relitti relativamente coerenti (KINGSLEY, RAVEH 1996).

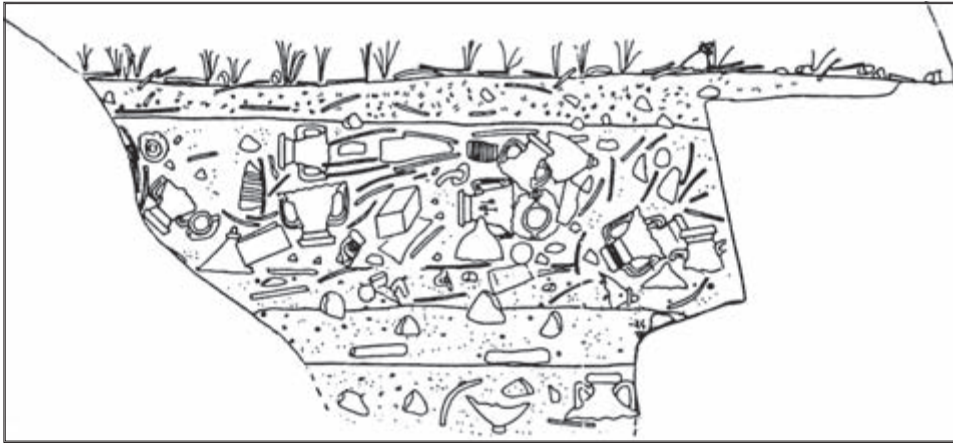


Fig. 5 – Sezione stratigrafica del sito *la Palud*. Uno spesso strato sterile separa un relitto del VI sec. (sopra) da uno greco-arcaico (cortesia G. Volpe).

Fig. 6 – Elemento di crollo di cinta muraria antica sovrapposto a frammenti di anfore (foto dell'autore).



Fig. 7 – Stratificazione di radici di *Posidonia* sul carico della *Madrague de Giens* (foto CNRS/Centre Camille-Jullian).

pesca che, andando a strisciare sul relitto, possono rimanere impigliati. Ciò può accadere dall'epoca del naufragio all'età contemporanea (26).

## 2.5 FLORA

Al di sopra dello strato sedimentario di copertura del sito, può svilupparsi un manto di *Posidonia oceanica* che vive fino ai 40 m di profondità, in addensamenti chiamati “matte”. Le radici possono formare una specie di grosso materasso estremamente compatto, alto anche un paio di metri, che può coprire definitivamente il giacimento sottraendolo alla vista (DUMAS 1964, p. 26; NESTEROFF 1972, p. 176; GIANFROTTA, POMEY 1981, pp. 57-59) (27) (Fig. 7). Simile stratificazione protegge il sito, oltre che da eventuali clandestini, anche dagli agenti trasformatori, inoltre frena il normale processo di traslocazione dei manufatti intrappolandoli tra le radici.

(26) Un esempio di contaminazione di attrezzi da pesca di varie epoche è offerto dal relitto di Isla Pedrosa (cfr. PONCE Y GARRIDO 1975, pp. 108-111).

(27) Cfr. la *Madrague de Giens* (cfr. TCHERNIA, POMEY, HESNARD 1978, pp. 9-11) e il relitto di Marina di Fiori (cfr. anche BERNARD 1994).

## 2.6 RECUPERO

Contrariamente a ciò che il Muckelroy (1978, p. 158) ed altri sostengono (CLAASSEN 1983, p. 202), l'uomo può dimostrarsi uno degli agenti maggiormente attivi nella distruzione di un contesto archeologico sottomarino così come lo è in quella di uno terrestre (KEITH, SIMMONS 1985, p. 424). Già immediatamente dopo la sua deposizione sul fondale, prima cioè della copertura ad opera di strati naturali, il relitto può essere soggetto a trasformazioni antropiche.

Fin dall'epoca romana, le fonti ci documentano il fenomeno del recupero di oggetti da imbarcazioni naufragate in mare (*Digesto*, XIV, 2, 4), attività questa, a volte, organizzata in corporazioni di veri apneisti quali gli *urinatores* (cfr. FROST 1968; GIANFROTTA, POMEY 1981, pp. 20-22). Il fenomeno del recupero è confermato dall'evidenza archeologica offerta dall'assenza della pompa di sentina nei relitti *Saint Gervais III* (cfr. LIOU 1980, p. 161), *Laurons II* (cfr. GASSEND, LIOU, XIMÉNÉS 1984, p. 103) e *Madrague de Giens*. In quest'ultimo, inoltre, a 25 m di profondità, sotto uno strato spesso fino a 3 m di radici di *Posidonia*, i resti del carico di anfore presentavano vistosi vuoti e una disposizione asimmetrica incompatibili con la stabilità della nave e spiegabili solo con un'asportazione immediatamente successiva all'affondamento (cfr. TCHERNIA 1988).

Nel caso di relitti in prossimità della battigia può accadere che anche lo scafo venga parzialmente recuperato. Significativo a questo riguardo è il ritrovamento sulla spiaggia di Dor (Israele) di elementi longitudinali, appartenenti ad un'imbarcazione settecentesca, avvolti da una catena durante un tentativo di recupero (cfr. RAVEH, KINGSLEY 1992, pp. 310-311) o i segni di asportazione di legname dallo scafo dei relitti secenteschi di Alghero (inf. P. Spanu).

Dal sedicesimo secolo, divennero disponibili marchingegni sofisticati quale la campana subacquea utilizzata nel 1664 per recuperare alcuni cannoni dalla nave *Vasa* a ben 32 m di profondità (cfr. MUCKELROY 1978, p. 166; GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 27) (28).

## 2.7 TURBAMENTI FAUNISTICI (29)

Organismi bentonici in grado di scavare tane, quali alcuni crostacei e pesci, possono arrecare sconvolgimenti nei siti archeologici sommersi in maniera analoga a vermi, ratti e talpe nei giacimenti terrestri (cfr. SCHIFFER 1987, pp. 207-210). Per di più, il mare ha la particolarità di accogliere una

(28) Su recuperi da relitti postmedievali cfr. MUCKELROY 1976, pp. 280-286.

(29) Per una trattazione analitica dell'argomento cfr. FERRARI, ADAMS 1990.

macrofauna attiva nel trasloco di oggetti. Il granchio, ad esempio, può spostare reperti in qualsiasi direzione e, muovendo sedimenti, provocare collassi di superfici (MUCKELROY 1978, p. 43). Una parentesi a parte va aperta per il grongo e il polpo, soliti rifugiarsi all'interno di contenitori ceramici causando lo spostamento o il danneggiamento (cfr. anche RICCARDI 1990, pp. 19-20). Il secondo usa raggruppare oggetti per costruire la sua tana (30): quando essa è costituita da anfore e simili, l'azione di accumulo di reperti al loro interno potrà essere motivo di problemi interpretativi (cfr. anche MUCKELROY 1978, p. 181) (31).

Poiché un'imbarcazione sul fondo è una dimora attraente per moltissima fauna, macroorganismi bentonici – quali aragoste e granchi – possono causare danneggiamenti allo scafo sia direttamente che indirettamente. Nel primo caso, essi sono in grado di danneggiare il legno per sfregamento, nel secondo caso, spostando sedimenti, essi possono sia esporre le strutture lignee a condizioni aerobiche e alla *Teredo navalis* che togliere loro supporto fisico.

Gli agenti faunistici possono esporre a deterioramento anche materiali organici conservati all'interno dei sedimenti. Ciò può avvenire sia meccanicamente, per contatto diretto, che per la dannosa penetrazione di ossigeno attraverso le tane da loro praticate.

## 2.8 PESCA A STRASCICO (32)

La pesca a strascico può esercitare un impatto traumatico sul giacimento sottomarino. Un parallelo in campo archeologico terrestre può venire dall'aratura (cfr. SCHIFFER 1987, pp. 129-132).

Il passaggio della rete o di altro attrezzo da pesca sul fondale, intercettando un relitto, ne può alterare lo strato superficiale, traslocando e danneggiando manufatti. L'impatto sopra un giacimento di anfore, in cui i contenitori sono ancora stivati verticalmente, provoca il taglio netto dei colli del livello superiore (Fig. 8). Un passaggio ripetuto o con mezzi particolarmente devastanti quali le turbosoffianti (33), può portare alla frantumazione in coc-

(30) Cfr. il relitto punico di Marsala (FROST 1981, p. 282).

(31) Per la presenza di reperti all'interno di un *pithos* sul relitto di Sheytan Deresi cfr. BASS 1976, p. 295. Sconvolgimenti, in genere, ad opera di polpi sono stati notati sui relitti: *Chrétienne C* (cfr. JONCHERAY 1975, p. 29), *Grand Ribaud D* (cfr. HESNARD *et al.* 1988, pp. 23 e 37) e *Madrague de Giens* (TCHERNIA, POMEY, HESNARD 1978, p. 26).

(32) Unico studioso dimostratosi sensibile, sino ad ora, a tale problematica è il Kapitän (1985).

(33) Attrezzo tipico dei pescherecci della zona altoadriatica costituito da una cesta metallica (del peso di 350 kg) che, per mezzo di un getto d'acqua a pressione, affonda nel fango per più di 30 cm.



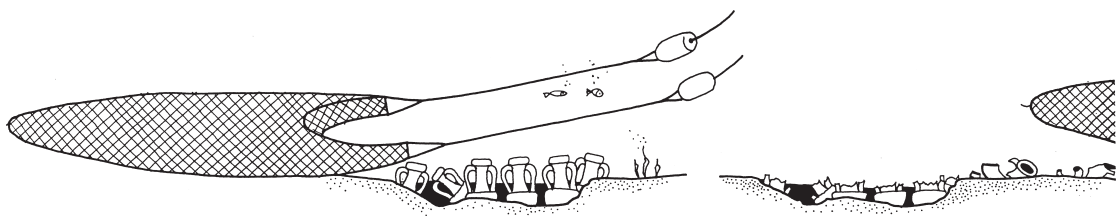


Fig. 8 – Esito dell’impatto della rete a strascico (tartana) su un carico di anfore in posizione verticale (G. Boetto).

ciame di un intero strato: sul relitto di Grado, il primo ordine di anfore era appunto ridotto a frammenti mentre il secondo presentava l’“amputazione” della maggiore parte dei colli.

Attrezzi quali la tartana e il rapido (o ramponi) oltre a danneggiare il relitto possono catturare o solo spostare dal luogo di giacitura manufatti anche voluminosi e pesanti quali *dolia*, ceppi di piombo e sculture.

Gli esiti della pesca a strascico sono piuttosto evidenti: spesso una traccia dell’impatto può essere rappresentata anche da brandelli di reti impigliate o dagli attrezzi stessi perduti dal peschereccio (come verificatosi sul relitto romano di Caorle). Più complesso è il riconoscimento di traslocazioni di oggetti che, oltre a venire spostati lungo il fondale, possono essere issati sul peschereccio e successivamente rigettati in mare a distanza.

Lungo il litorale altoadriatico, la pesca a strascico ha provocato danni di tale entità che una delle poche condizioni che può garantire la conservazione di relitti è data dalla protezione naturale delle *beachrocks*. Presso tali rilievi rocciosi sottomarini, tipici di questi fondali (cfr. STEFANON 1967), resti di naufragi, quali quelli del “relitto del vetro” (cfr. MOLINO *et al.* 1986), possono infatti trovare riparo dall’opera devastatrice degli attrezzi ittici.

## 2.9 IMPATTO ARCHEOLOGICO

Numerose azioni di impatto vengono perpetrate in mare ai danni delle testimonianze archeologiche, specialmente in prossimità degli arenili. Gli effetti sono sempre deleteri e oscillano dalla rottura dell’equilibrio chimico-fisico-biologico del sito al danneggiamento, asportazione o sola traslazione di reperti.

Le più comuni causali sono: i dragaggi per il prelievo di ghiaia e sabbia (cfr. FROST 1973, p. 33; ADAMS, VAN HOLK, MAARLEVELD 1990; CHIPPINDALE, GIBBINS 1990, p. 394) o per l’abbassamento del fondo di aree portuali; le perforazioni e la posa di tubature (che possono interessare anche relitti a

grandi profondità) (CLAUSEN, BARTO ARNOLD 1976, p. 176); il passaggio di imbarcazioni in superficie; l'impatto delle ancore; la costruzione di moli, dighe, frangiflutti ecc.; lo scarico in mare di rifiuti.

### 3. *Contesti peculiari di deposizione*

#### 3.1 ALTO FONDALE

Premettendo che la profondità non è una variabile di rilevante capacità discriminatoria per la conservazione del relitto (GIBBINS 1990, p. 378), poiché molti sono i fattori in gioco, faremo solo un breve accenno a questo problema, peraltro ancora fondato su basi piuttosto teoriche.

Fino a 15/20 m i giacimenti sono frequentemente ed intensamente soggetti al moto ondoso (NESTEROFF 1972, p. 176; RABAN 1973, p. 29, GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 62) mentre fino ad una quarantina questo ha un'azione di disturbo meno traumatica e limitata a condizioni straordinarie quali le tempeste (DUMAS 1972, p. 32; NESTEROFF 1972, p. 176). Qui, le onde compiono la triplice attività di sollecitare le strutture lignee, traslocare materiali ed eroderli meccanicamente.

Al di sotto dei 200 m, dove la *Teredo navalis* non può vivere (STEINMAYER JR, MACINTOSH TURFA 1996), la degradazione del legno viene rallentata anche se, a lungo termine, come mostrano i relitti classici, essa sembra comunque scomparire. Ciò è dovuto alla ridotta sedimentazione presente alle grandi profondità che mantiene i relitti quasi privi di copertura protettiva (NESTEROFF 1972, p. 176). Altrettanto limitata è anche la presenza di flora e fauna in grado di formare concrezioni che lascia i giacimenti privi del classico guscio calcareo e di qualsiasi copertura algale (LONG 1995). Al contrario, i fenomeni di corrosione del ferro sono pienamente attivi (PIECHOTA 1994, p. 105).

A tali profondità, i giacimenti si presentano generalmente piuttosto ben conservati e coerenti: nel *Benat IV*, ad esempio, a -328 m, solo il 2/3 % delle anfore è fratturato (cfr. LONG 1987b) e sempre molto integri e compatti sono i "tumuli" di Gibilterra (-400 m) (cfr. BASCOM 1976, fig. 4) e *Arles IV* (-662 m) (cfr. Long in questo volume). In nessuno di questi però sono visibili tracce dello scafo o di materiali organici.

Alcuni relitti a grandi profondità, ad un'indagine superficiale, si mostrano apparentemente dispersi – si veda il relitto *Isis* (-740/800) (cfr. MCCANN, FREED 1994) e di Cap Bon (-530) (cfr. BARBIERI, PURPURA 1977) – ma è possibile che tale condizione sia l'esito di un naufragio violento e distruttivo in superficie (più che sul fondale) o dell'impatto della pesca a strascico (GIBBINS 1991, p. 167).

### 3.2 AMBIENTE DI SPIAGGIA (34)

L'ambiente di spiaggia è un contesto di giacitura con caratteristiche assai particolari. Malgrado infatti il fortissimo idrodinamismo presente in prossimità degli arenili, i relitti si conservano in condizioni spesso eccezionali sia per quanto riguarda l'integrità dello scafo che per la coerenza del carico e le condizioni dei materiali organici. Tale fenomeno è dovuto al processo di rapidissimo sprofondamento nella sabbia e di seppellimento ad opera dei sedimenti che, nei loro spostamenti, trovano nel relitto una "trappola" di trattenimento.

Successivamente alla deposizione, il relitto è soggetto ai macroscopici e frequenti mutamenti morfologici del fondale sabbioso a bassissima profondità, dovuti a cause naturali o antropiche, che lo portano a periodiche esposizioni e ricoperture.

Fin qui abbiamo ambientato il nostro discorso in fondali piatti e sedimentari ma, considerando che «la natura del fondale è il principale fattore determinante nella sopravvivenza dei resti archeologici sottomarini» (MUCKELROY 1978, p. 163), andranno fatte delle considerazioni a parte per le morfologie rocciose.

### 3.3 FONDALE ROCCIOSO

Il fondale roccioso si trova prevalentemente sotto costa, fino alla profondità di 30/40 m, e può avere una superficie piatta o anfrattuosa. Poiché qui lo strato sedimentario è assente o comunque in continuo movimento, tale fondo non offre al relitto la possibilità di una copertura e quindi di una protezione (DUMAS 1964, p. 21; 1972, p. 32; NESTEROFF 1972, p. 176) e l'energia del moto ondoso distrugge in breve tempo lo scafo e disperde il carico su una vasta area (DUMAS 1972, p. 32; GIANFROTTA, POMEY 1981, p. 63). Presto, dell'imbarcazione rimangono solo i materiali inorganici che, per altro, generalmente presentano una notevole disorganizzazione spaziale su un'area ben più vasta di quella occupata dalla nave al momento della deposizione.

L'attività biologica, particolarmente ricca in ambiente roccioso, colonizza la superficie dei manufatti, in particolare del cocciame, concrezionandoli e "cementandoli" al fondale. A volte il fissaggio può avvenire così rapidamente da interessare oggetti integri che, in questa maniera, si sottraggono all'idrodinamismo riducendo le loro possibilità di frammentazione e di migrazione dal sito (cfr. NESTEROFF 1972, pp. 176-177; RABAN 1973, p. 33).

Su morfologie rocciose, i cocci (ma anche oggetti più pesanti) possono

(34) Per una trattazione più diffusa del problema cfr. BELTRAME in c.s.

venire spostati per alcune centinaia di metri dalla giacitura primaria. L'attrito del reperto sulla roccia provoca forte abrasione e quindi riduzione delle superfici e smussatura delle spigolature ma, prima di tutto, la durezza del fondale causa frantumazioni.

I reperti, nelle loro traslazioni ad opera dell'idrodinamismo, vengono catturati da bacini di raccolta che possono essere costituiti sia da emergenze artificiali o naturali, quali gli scogli, che da depressioni (MUCKELROY 1978, p. 178) (35). Quest'ultime hanno anche la proprietà, a volte, di raccogliere sedimenti favorendo la conservazione di materiali di ogni genere al loro interno.

Un bacino di giacitura straordinario, che pone in gioco processi formativi del tutto unici, è quello costituito da un cratere vulcanico sommerso presso Panarea (Isole Eolie) sul quale insistono i resti di un relitto greco. Il fondale è costituito da lenti di croste dure che inglobano saldamente i reperti ceramici (36). Sopra queste zone è presente uno spesso strato di fango vulcanico caldo, di consistenza semi-fluida, che sembra inibire la conservazione di materiali lignei e ferrosi (cfr. BOUND 1989, pp. 203-205; BOUND 1992, pp. 83-107).

#### 4. *Appendice*

A nostro avviso, le molte questioni sollevate dai processi formativi naturali potranno trovare risposta per lo più dall'archeologia sperimentale (CLAASSEN 1983, pp. 199-200; GIBBINS 1990, p. 386) che, fino ad oggi, ha trovato applicazione quasi esclusivamente nella ricostruzione delle imbarcazioni per verificarne la navigabilità (cfr. TZALAS, KATZEV 1982; COATES *et al.* 1995). Nello specifico, le applicazioni potrebbero avere il fine di chiarire le problematiche qui esposte:

- l'allontanamento per galleggiamento e la disposizione spaziale degli oggetti al momento dell'affondamento nonché i primi stadi dei cedimenti strutturali dello scafo e della distribuzione del carico sul fondo: attraverso la simulazione di affondamenti in varie condizioni (GIBBINS 1990, pp. 386-387);
- le traslazioni dei reperti: tramite lo spargimento degli oggetti sul fondale e la mappatura, a intervalli di tempo regolari, dell'evoluzione dei movimenti in piano (MUCKELROY 1978, p. 181).
- le relazioni stratigrafiche: con l'introduzione di manufatti in un deposito in formazione (KELLER 1974);

(35) Cfr. i relitti di Ulu Burun (PULAK 1991) e *Adeelar* (MUCKELROY 1978, figg. 5 e 10).

(36) Esse sono il prodotto della precipitazione dovuta al contatto dell'acqua fredda con i sali di ferro contenuti in soluzione nell'acqua surriscaldata.

• la scomparsa o il semplice deterioramento di reperti (in particolare di quelli organici): tramite il monitoraggio delle caratteristiche di oggetti moderni deliberatamente posti su siti archeologici (GREGORY 1995).

Per lo studio dei processi culturali (abbandono, recupero ecc.), invece, discipline di potenziale aiuto sono l'etnografia e l'etnoarcheologia (CLAASSEN 1983, pp. 201-205) mentre la tecnica di riassettaggio dei manufatti (cfr. SCHIFFER 1987, p. 285) potrebbe trovare interessanti applicazioni nella ricostruzione di carichi di anfore e ceramica.

CARLO BELTRAME

### Bibliografia

- J. ADAMS, A.F.L. VAN HOLK, Th. J. MAARLEVELD, 1990, *Dredgers and archaeology: shipfinds from the Slufter*, Rotterdam.
- A. BARBIERI, G. PURPURA, 1977, *Un giacimento archeologico in acque profonde nel Canale di Sicilia*, «Sicilia Archeologica», X, 34, pp. 54-62.
- W. BASCOM, 1976, *Deep water- ancient ships*, New York.
- B. BASILE, c.s., *Il relitto ellenistico di Porto Palo*, in *Atti VIII rassegna di archeologia subacquea, Giardini Naxos 1993*.
- G.F. BASS, 1967, *Cape Gelidonya: a Bronze Age shipwreck*, «Transactions of the American Philosophical Society», n.s., 57, 8.
- G.F. BASS, 1976, *Sheytan Deresi: Preliminary report*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 5, 4, pp. 293-303.
- G.F. BASS, F. VAN DOORNINCK, 1982, *Yassi Ada. Vol. 1. A seventh-century byzantine shipwreck*, College Station.
- G.F. BASS, 1983, *A plea for historical particularism in nautical archaeology*, in GOULD 1983, pp. 91-104.
- C. BELTRAME, 1996, *Archaeological evidence of the foremast on ancient sailing ships*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 25, 2, pp. 135-139.
- C. BELTRAME, 1997, *Interpretazione della distribuzione spaziale dei reperti e riconoscimento di processi formativi nel relitto*, in AIASub (a cura di), *Atti Convegno Nazionale di Archeologia Subacquea*, (Anzio 1996), Bari, pp. 333-340.
- C. BELTRAME, c.s., *Il caso dei relitti su spiaggia nel Mediterraneo nell'indagine dei processi formativi del relitto sommerso*, in *Archeologia subacquea. Studi, ricerche e documenti*, III.
- F. BENOIT, 1961, *Fouilles sous-marines. L'épave du Grand Congloué à Marseille*, suppl. a «Gallia», 14.
- H. BERNARD, 1994, *Marina di Fiori*, Bilan scientifique du DRASM 1993, Ministère de la Culture, Parigi, pp. 60-61.
- H. BERNARD, 1995, *Marina di Fiori*, Bilan scientifique du DRASM 1994, Ministère de la Culture, Parigi, p. 63.
- L.R. BINFORD, 1979, *Organization and formation processes: looking at curated technologies*, «Journal of Anthropological Research», 35, pp. 255-273.
- M. BOUND, 1989, *The Dattilo wreck (Panarea, Aeolian Islands): first season report*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 18, 3, pp. 203-219.
- M. BOUND, 1992, *Archeologia sottomarina alle Isole Eolie*, Marina di Patti.

- R. BROWN, H. BUMP, D.A. MUNCHER, 1988, *An "in situ" method for determining decomposition rates of shipwrecks*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 17, 2, pp. 143-145.
- C. CHIPPINDALE, D. GIBBINS, 1990, *Heritage at sea: proposal for the better protection of British archaeological sites underwater*, «Antiquity», 64, pp. 390-400.
- C. CLAASSEN, 1983, *Answering our questions with experiments*, in GOULD 1983, pp. 189-205.
- D.L. CLARKE, 1968, *Analytical archaeology*, Londra.
- C.J. CLAUSEN, J. BARTO ARNOLD, 1976, *Magnetometer and underwater archaeology*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 5, 2, pp. 159-169.
- J. COATES, *et al.*, 1995, *Experimental boat and ship archaeology: principles and methods*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 24, 4, pp. 293-301.
- W.A. COCKRELL, L. MURPHY, 1978, 8 SL 17: *Methodological approach to a dual component marine site on the Florida Atlantic coast*, in J.A. BARTO ARNOLD (a cura di), *Beneath the waters of time: Proceedings of the ninth conference on underwater archaeology*, (Sant Antonio Texas 1978), Austin, pp. 175-180.
- P. DELL'AMICO, 1990, *Il relitto "Julia Felix", metodi e tecniche nella costruzione navale di epoca romana*, in AA.VV. *Barche e uomini di Grado*, Monfalcone, pp. 140-142.
- F. DUMAS, 1962, *Deep-water archaeology*, Londra (trad. fr. *Épaves antiques. Introduction à l'archéologie sous-marine méditerranéenne*, Parigi, 1964).
- F. DUMAS, 1972, *Ancient wrecks*, in AA.VV., *Underwater archaeology a nascent discipline*, Parigi, pp. 27-34.
- R. FERRANDI, 1980, *Archeologia in cantiere: una ipotesi di studio*, «Sesto Continente», II, 7, pp. 80-85.
- B. FERRARI, J. ADAMS, 1990, *Technical communication. Biogenic modifications of marine sediments and their influence on archaeological material*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 19, 2, pp. 139-151.
- M.-L.E. FLORIAN, 1987a, *The underwater environment*, in C. PEARSON (a cura di) *Conservation of marine archaeological objects*, Butterworths, London, pp. 1-20.
- M.-L.E. FLORIAN, 1987b, *Deterioration of organic materials other than wood*, in C. PEARSON (a cura di) *Conservation of marine archaeological objects*, Butterworths, London, pp. 21-54.
- L. FOZZATI, 1995, *Il "Relitto delle alghe" di Caorle. Relazione preliminare (1992-1994)*, «Quaderni di archeologia del Veneto», XI, pp. 48-52.
- F.J. FROST, 1968, *Scyllias: diving in antiquity*, «Greece and Rome», XV, 2, pp. 180-185.
- H. FROST, 1962, *Submarine archaeology and Mediterranean wreck formation*, «The Mariner's Mirror», 48, 2, pp. 82-89.
- H. FROST, 1963, *Under the Mediterranean*, Londra.
- H. FROST, 1973, *The first season of excavation of the Punic wreck in Sicily*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 2, 1, pp. 33-49.
- H. FROST, 1981, *Lilybaeum*, VIII suppl. a «Notizie degli Scavi di Antichità», XXX.
- J.M. GASSEND, 1978, *Vestiges d'une épave antique dans le port de Pommègues (Marseille)*, «Archaeonautica», 2, pp. 101-107.
- J.M. GASSEND, B. LIOU, S. XIMÉNÉS, 1984, *L'épave 2 de l'Anse des Laurons (Martigues, Bouches-du-Rhône)*, «Archaeonautica», 4, pp. 75-105.
- J.H.G. GAWRONSKY (a cura di), 1986, *Amsterdam project: annual report of the V.O.C.-ship 'Amsterdam' Foundation 1985*, Amsterdam.
- P.A. GIANFROTTA, 1981, *Commerci e pirateria: prime testimonianze archeologiche sot-*

- tomarine, «Mélanges de l'École Française de Rome», 93, pp. 227-242.
- P.A. GIANFROTTA, P. POMEY, 1981, *Archeologia subacquea. Storia, tecniche, scoperte, relitti*, Milano.
- D. GIBBINS, 1990, *Analytical approaches in maritime archaeology: a Mediterranean perspective*, «Antiquity», 64, pp. 376-389.
- D. GIBBINS, 1991, *Archeology in deep water - a preliminary view*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 20, 2, pp. 163-168.
- R. GOULD (a cura di), 1983, *Shipwreck anthropology*, Albuquerque.
- D.W. GRATAN, 1987, *Waterlogged wood*, in C. PEARSON (a cura di), *Conservation of marine archaeological objects*, Londra, pp. 55-67.
- D. GREGORY, 1995, *Experiments into the deterioration characteristics of materials on the Duart Point wreck site: an interim report*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 24, 1, pp. 61-65.
- C.W. HALDANE, 1993, *Direct evidence for organic cargoes in the Late Bronze Age*, «World Archaeology», 24, 3, pp. 348-360.
- A. HESNARD, M.B. CARRE, M. RIVAL, B. DANGREAU, 1988, *L'épave romaine 'Grand Ribaud D'(Hyères, Var)*, «Archaeonautica», 8.
- M.P. JEZEGOU, 1989, *L'épave II de l'anse Saint-Gervais a Fos-sur-mer (Bouches-du-Rhone): un navire du haut moyen-âge construit sur squelette*, in H. TZALAS (a cura di), *Tropis. 1st international symposium on ship construction in antiquity. Proceedings*, (Pireo 1985), I, Atene, pp. 139-146.
- J.P. JONCHERAY, 1975, *L'épave «C» de la Chrétienne*, I suppl. a «Cahiers d'Archéologie Subaquatique».
- J.P. JONCHERAY, 1976, 1974, *Excavations at the wrecks of Bataiguiet (early Middle Ages) and Bon Porté*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 5, 1, pp. 87-89.
- G. KAPITAN, 1985, *Anfore puniche nei mari della Sicilia e il problema della documentazione dei rinvenimenti in reti a strascico*, in VI Congreso Internacional di Arqueologia Submarinal, (Cartagena 1982), Madrid, pp. 399-404.
- D. KEITH, SIMMONS, 1985, *Analysis of hull remains, ballast, and artifact distribution of a 16th-century shipwreck, Molasses Reef, British West Indies*, «Journal of Field Archaeology», 12, pp. 411-424.
- C. KELLER, 1974, *Some methodical aspects of watercovered sites*, MA thesis, University of Oslo (dattiloscritto).
- S.A. KINGSLEY, K. RAVEH, 1996, *The ancient harbour and anchorage at Dor, Israel*, BAR Int. Series S 626, Oxford.
- N. LAMBOGLIA, 1964, *La campagna 1963 sul relitto di Punta Scaletta all'isola di Giannutri (Relazione preliminare)*, «Forma Maris Antiqui», V, pp. 229-257.
- N. LAMBOGLIA, 1974, *Atti del Centro Sperimentale di Archeologia Sottomarina 1973-74*, «Rivista di Studi Liguri», 40, pp.155-191.
- D.J. LENIHAN, 1983, *Rethinking shipwrecks archaeology: a history of ideas and considerations for new directions*, in GOULD 1983, pp. 37-64.
- G. LEONARDI (a cura di), *Processi formativi della stratificazione archeologica*, Atti seminario internaz. *Formation processes and excavation methods in archaeology: perspectives* (Padova 1991), Padova.
- E. LINDER, 1992, *Excavating an ancient merchantman*, «Biblical Archaeology Review», 18, 6, pp. 25-35.
- B. LIOU, 1980, *Les amphores à huile de l'épave Saint-Gervais 3 à Fos-sur-Mer: premières observations sur les inscriptions peintes*, in *Producción y Comercio del Aceite en la Antigüedad*, Madrid, pp. 161-167.

- B. LONG, 1985, *L'épave antique Bagand 2*, in VI Congreso Internacional de Arqueologia Submarina, (Cartagena 1982), Madrid, pp. 93-98.
- L. LONG, 1987a, *Les épaves du Grand Congloué. Etude du journal de fouille de Fernard Benoit*, «Archaeonautica», 7, pp. 9-36.
- L. LONG, 1987b, *L'épave antique Bénat 4: expertise archéologique d'un talus d'amphores à grand profondeur*, «Cahiers d'Archéologie Subaquatique», 6, pp. 99-108.
- L. LONG, 1995, *Les archeologues au bras de fer. Nouvelle approche de l'archéologie en eau profonde*, in *Protection du patrimoine archeologique sous-marin en Mediterranee. 100 sites historiques d'interet commun mediterraneen. Documents techniques*, V, Atelier du Patrimoine, Marsiglia, pp. 15-46.
- L. LONG, G. VOLPE, 1996, *Origini e declino del commercio nel Mediterraneo occidentale tra età arcaica e tardoantichità. I relitti della Palud (Isola di Port Cros (Francia))*, in P. RUGGERI, C. VISMARA (a cura di) *L'Africa romana, atti dell'XI convegno di studio*, (Cartagine 1994), Sassari, pp. 1235-1284.
- A.M. MCCANN, J. FREED (a cura di), 1994, *Deep water archaeology. A late-Roman ship from Carthage and an ancient trade route near Skerki Bank off northwest Sicily*, XIII suppl. a «Journal of Roman Archaeology», Michigan.
- A. MOLINO *et al.*, 1986, *Il relitto del vetro. Relazione preliminare*, «Bollettino d'Arte», suppl. al n° 37-38, pp. 179-194.
- B. MORTON, 1978, *Feeding and digestion in shipworms*, «Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.», 16, pp. 107-144.
- K. MUCKELROY, 1975, *A systematic approach to the investigation of scattered wreck sites*, «The International Journal of Nautical Archaeology» 4, 2, pp. 173-190.
- K. MUCKELROY, 1976, *The integration of historical and archaeological data concerning an historic wreck site: the Kennemerland*, «World Archaeology», 7, 3, pp. 280-290.
- K. MUCKELROY., 1977, *Historic wreck sites in Britain and their environments*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 6, 1, pp. 47-57.
- K. MUCKELROY, 1978, *Maritime archaeology*, Cambridge.
- K. MUCKELROY, P. BAKER, 1979, *The bronze age site off the Moor Sand, near Salcombe, Devon: an interim report on the 1978 season*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 8, 3, pp. 189-210.
- L. MURPHY, 1990, *8SL 17: Natural site formation processes of a multiple-component underwater site in Florida*, Southwest Cultural Resources Centre, National Park Service, Santa Fe.
- T. NASH, M.D. PETRAGLIA, 1987, *Natural formation processes and the archaeological record*, Oxford.
- W.D. NESTEROFF, 1972, *Geological aspects of marine sites*, in AA.VV., *Underwater archaeology a nascent discipline*, Parigi, pp. 175-183.
- J. NIETO PRIETO *et al.*, 1989, *Excavacions arqueològiques subaquàtiques a Cala Culip, I*, Girona.
- I. OXLEY, 1992, *The investigation of the factors which affect the preservation of underwater archaeological sites*, in D.M. KEITH, T.L. CARRELL (a cura di), *Underwater archaeology proceedings of the society for historical archaeology conference, Kingston*, (Jamaica 1992), Tucson, pp. 105-110.
- I. OXLEY, 1995, *The assessment of the environment of archaeological sites underwater*, in J. BEAVIS, K. BARKER (a cura di), *Proceedings of the conference Science and site: evaluation and conservation*, (Bournemouth 1993), Bournemouth, pp. 53-71.



- I. OXLEY, c.s., *The in-situ preservation of underwater sites*, in *Proceedings of the preservation of archaeological remains in situ (PARIS) conference*, (London 1996).
- F. PALLARÉS, 1972, *La primera exploración sistemática del Pecio del Sec*, «Rivista di Studi Liguri», 28, pp. 287-326.
- F. PALLARÉS, 1983, *La nave romana del golfo di Diano Marina. Relazione preliminare della campagna 1981*, «Forma Maris Antiqui», XI-XII (1975-1981), pp. 79-116.
- F. PALLARÉS, 1986a, *Relazione sulla campagna archeologica sottomarina 1985 sul relitto della nave di Albenga*, «Forma Maris Antiqui», XIII (1982-1985), pp. 632-639.
- F. PALLARÉS, 1986b, *Il relitto di Capo Testa*, «Bollettino d'Arte», suppl. al n° 38-39 (Archeologia subacquea 3), pp. 81-88.
- A.J. PARKER, 1979, *Method and madness: wreck hunting in shallow water*, «Progress in Underwater Science», 4, pp. 7-27.
- A.J. PARKER, 1981, *Stratification and contamination in ancient Mediterranean shipwrecks*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 10, 4, pp. 309-335.
- D. PIECHOTA, 1994, *Laboratory conservation*, in McCANN, FREED 1994, pp. 103-107.
- A. POLLINO, J.P. VIALANT, 1987, *Une épave au Cap Lardier: sondages, couverture photographique, matériel*, «Cahiers d'Archéologie Subaquatique», 6, pp. 85-98.
- A.M. PONCE Y GARRIDO, 1975, *Descripción de algunas de las piezas halladas en el yacimiento de Isla Pedrosa*, «Inmersión y Ciencia», 8-9, pp. 95-111.
- R. PRICE, K. MUCKELROY, 1977, *The Kennemerland site. The third and fourth seasons 1974 and 1976. An interim report*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 6, 3, pp. 187-218.
- C. PULAK, 1991, *The late bronze age shipwreck at Ulu Burun, 1991 field season: "ingot summer"*, «INA Newsletter», 18, 4, pp. 4-10.
- G. PURPURA, 1993, *Rinvenimenti sottomarini nella Sicilia occidentale (1986-1989)*, «Archeologia subacquea. Studi, ricerche e documenti», 1, pp. 163-184.
- A. RABAN, 1973, *Survival of ancient wrecks in various conditions off the coast near Israel*, in N.C. FLEMMING (a cura di), *Science diving international proceedings of the 3rd scientific symposium of C.M.A.S.*, (Londra, British Sub-Aqua Club), Londra, pp. 29-40.
- K. RAVEH, S.A. KINGSLEY, 1992, *The wreck complex at the entrance to Dor harbour, Israel: preliminary details*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 21, 4, pp. 309-315.
- E. RICCARDI, 1990, *Tecniche di lavoro subacqueo per l'archeologia. Mare ed ipogei*, Savona.
- E. RICCARDI, 1994, *The wrecks off the camping site "La Mariposa", Alghero, Sassari, Sardinia, Italy*, in C. WESTERDAHL (a cura di), *Crossroads in ancient shipbuilding. Proceedings of the sixth intern. symposium on boat and ship archaeology*, (Roskilde 1991), Oxford, pp. 131-136.
- W. ROBINSON, 1981, *Observations on the preservation of archaeological wrecks and metals in marine environments*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 10, 1, pp. 3-14.
- W. ROBINSON, 1982, *The corrosion and preservation of ancient metals from marine sites*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 11, 3, pp. 221-231.
- M. RULE, J. MONAGHAN, 1993, *A Gallo-Roman trading vessel from Guernsey*, Guernsey.

- C. SANTAMARIA, 1995, *L'épave Dramont «E» à Saint-Raphaël (V siècle ap. J.-C.)*, «Archaeonautica», 13.
- E. SCANDURRA, 1972, *The maritime republics: medieval and renaissance ships in Italy*, in G.F. BASS (a cura di), *A history of seafaring based on underwater archaeology*, Londra, pp. 206-216 (trad. it. *Navi e civiltà. Archeologia marina*, Milano, 1974).
- M.B. SCHIFFER, 1976, *Behavioral archaeology*, New York.
- M.B. SCHIFFER, 1987, *Formation processes of the archaeological record*, Albuquerque.
- A. STEFANON, 1967, *Formazioni rocciose del bacino dell'Alto Adriatico*, «Atti Istituto Veneto Scienze Lettere e Arti», 125, pp. 79-89.
- R. STEFFY, 1989, *The role of three-dimensional research in the Kyrenia ship reconstruction*, in H. TZALAS (a cura di), *Tropis. 1st international symposium on ship construction in antiquity. Proceedings*, (Pireo 1985), I, Atene, pp. 249-262.
- Jr A. STEINMAYER, J. MACINTOSH TURFA, 1996, *Effects of shipworm on the performance of ancient Mediterranean warships*, «The International Journal of Nautical Archaeology», 25, 2, pp. 104-121.
- A. TCHERNIA, 1988, *Les urinatores sur l'épave de la Madrague de Giens*, in *Navires et commerces de la Méditerranée Antique, Hommage à Jean Rougé*, «Cahiers d'Histoire», n.s. 33, pp. 489-499.
- A. TCHERNIA, P. POMEY, A. HESNARD, 1978, *L'épave romaine de la Madrague de Giens (Var)*, suppl. XXXIV a «Gallia».
- P. THROCKMORTON, 1989, *The Torre Sgaratta ship*, in H. TZALAS (a cura di), *Tropis. 1st international symposium on ship construction in antiquity. Proceedings*, (Pireo 1985), I, Atene, pp. 263-274.
- E. TORTORICI, G. BRESSAN, 1994, *Il relitto di Grado: prime osservazioni sulla campagna 1990*, in M.C. LENTINI (a cura di), *Atti VI rassegna di archeologia subacquea*, (Giardini Naxos 1991), Messina, pp. 105-114.
- H. TZALAS, M. KATZEV, 1982, *Ancient ship sails again. (Kyrenia II)*, Atene.
- P. VILLIÉ, 1987, *La Girafe*, «Cahiers d'Archéologie Subaquatique», 6, pp. 5-23.
- L.E. WEIER, 1973, *The deterioration of inorganic materials under the sea*, «Bulletin of the Institute of Archaeology», 11, pp. 131-163 e tavv. 1-4.
- S. XIMÉNÉS, M. MOERMAN, 1987, *Lépaves I, III et IV du port romain des Laurons (Commune de Martigues, Bouches du Rhone)*, «Cahiers d'Archéologie Subaquatique», 6, pp. 171-182.
- M. ZECCHINI, 1982, *Relitti romani dell'Isola d'Elba*, Lucca.