

# SPERIMENTAZIONE DI UNA NUOVA PROCEDURA PER L'IMPREGNAZIONE DEL LEGNO BAGNATO

Roberto Petriaggi

*Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Roma*

Giovedì 6 Dicembre 2007  
3° Intervento

I recenti ritrovamenti di relitti antichi interrati a Pisa San Rossore, Olbia e Napoli (ma anche all'estero, a Marsiglia, Lione, Tolone e, ancor più di recente, a Istanbul nel quartiere Yenikapi) dove tali manufatti sono stati rinvenuti in concentrazioni impressionanti, hanno enfatizzato la necessità di un risposta pronta ed efficace al problema del pronto intervento conservativo *in situ* e del recupero, dapprima, e, successivamente, alle questioni relative ai metodi di restauro più adeguati.

Vorrei, dunque, analizzare in primo luogo, attraverso l'esame di alcune situazioni esemplari, le scelte riguardanti le modalità di recupero<sup>1</sup>. Volendo sintetizzare al massimo, si potrebbe dire che nei vari casi, a prescindere dalle epoche di ritrovamento e dai contesti, si è scelto tra due modi di recupero drasticamente antitetici:

- il recupero del relitto nel suo insieme e il conseguente trattamento conservativo;
- lo smontaggio delle singole parti della nave seguito dal trattamento conservativo, quindi il rimontaggio.

Per le Navi di Nemi, il caso dal quale vorrei partire, si scelse un metodo drastico che pose fine a secoli di tentativi maldestri che non pochi danni causarono all'integrità dei due relitti. Infatti, le navi si trovavano originariamente sul fondo dello specchio d'acqua a circa dodici metri di profondità, non distanti dalla riva. Il lago, quindi, fu parzialmente prosciugato per consentire l'emersione dei due relitti<sup>2</sup>. Una volta all'asciutto, i due scafi furono via via liberati dalla morsa del fango e, contemporaneamente, sostenuti da una serie di centine di legno disposte in senso trasversale. Queste ultime, per mezzo di travi fornite di ruote, poggiavano su binari realizzati al di sopra di una piattaforma di travature metalliche. In questo modo i relitti furono agevolmente traslati fino al luogo dove sarebbe sorto il museo destinato a contenerli (Figura 1)<sup>3</sup>.



Figura 1. Navi di Nemi-una fase dei recuperi

Poiché dall'affioramento della prima nave, il 28 marzo 1929, alla musealizzazione dei due relitti passarono sette anni, i trattamenti conservativi iniziarono con le navi sulle rive del lago e, si può dire, non furono mai portati a termine completamente<sup>4</sup>.

Nel dopo guerra i primi significativi recuperi avvennero tra la fine degli anni '50 e l'inizio degli anni '60, quando fu messo a punto anche il metodo di impregnazione con il PEG. Questo fu impiegato dai Danesi sulle cinque imbarcazioni vichinghe di Skuldelev, che vennero recuperate

e trattate previo smontaggio delle componenti architettoniche. Le navi, risalenti all'undicesimo secolo, erano state affondate di proposito, dopo essere state riempite di pietre, per sbarrare l'ingresso di un fiordo e proteggere la città di Roskilde dalle incursioni nemiche. Furono ritrovate nel 1957 sommerse in acque molto basse e, dopo alcuni interventi subacquei, nel 1962 si decise di delimitare l'area interessata con un palancoato e pompare via l'acqua per scavare i relitti a cielo aperto<sup>5</sup>. Mentre in Danimarca si svolgevano queste operazioni, in Svezia, nel 1959, si stava avviando l'impresa del recupero del Vasa, l'ammiraglia della flotta svedese affondata nel 1628 al momento del varo. Il relitto fu recuperato integralmente nel 1961 con una spettacolare operazione di sollevamento dai fondali del porto di Stoccolma<sup>6</sup>. Anche il Vasa fu sottoposto a trattamento conservativo mediante l'uso del PEG dato, però, per irrorazione, considerata la mole del manufatto. Recentemente sono stati rilevati notevoli problemi di conservazione per la presenza di acido solforico nei legni per l'azione corrosiva del PEG sui perni e i chiodi con cui sono assemblate le componenti architettoniche della nave<sup>7</sup>. In Italia negli stessi anni si scavava per costruire l'aeroporto di Fiumicino presso il sito dell'antico porto imperiale di Claudio, oramai arretrato di circa tre chilometri rispetto alla linea di costa per i depositi alluvionali trasportati dal Tevere in circa 1900 anni. Dagli scavi furono messi in luce anche alcuni relitti di età imperiale, oltre alle infrastrutture pertinenti il porto<sup>8</sup>. Si trattava di tre navi da trasporto di medio tonnellaggio a chiglia quasi piatta, probabilmente impiegate nella navigazione lungo il Tevere, una piccola oneraria con sezione prodiera alquanto stellata che ne denuncia la buona tenuta in mare aperto, una barca da pesca, una piccola lancia, poi perduta, due frammenti di murate ed altre parti minori. Le strutture lignee furono lasciate a contatto con l'aria per diverso tempo e subirono un sensibile degrado, al quale invano si tentò di ovviare con stuoie, sabbia e teloni. Si decise, poi, di scavare un corridoio anulare attorno ad ogni relitto per ricavare passaggi trasversali al di sotto della chiglia. Così fu possibile realizzare una centina lignea di sostegno, che permise il recupero delle imbarcazioni nella loro interezza.

Queste furono quindi trasportate all'interno del capannone, che sarebbe stato trasformato poi in museo, dove ebbe luogo il trattamento conservativo con la collaborazione dell'Istituto Centrale del Restauro (Figura 2)<sup>9</sup>.



Figura 2. Si trasla in museo uno dei relitti di Fiumicino

Lo stesso ICR, nel 1989, attuò un metodo innovativo per il trattamento del relitto di età augustea ritrovato agli inizi degli anni '80 presso Comacchio, in località Valle Ponti. Si trattava di realizzare un guscio di vetroresina che doveva accogliere e racchiudere lo scafo dopo che ne era stata rimossa la carpenteria interna. All'interno di questo guscio chiuso, il relitto, o meglio, il fasciame, poteva subire il trattamento di impregnazione mediante PEG diluito in acqua<sup>10</sup>. Il procedimento di resinatura consentiva il recupero del relitto limitando lo smontaggio, tutt'al più, agli elementi della carpenteria interna, lasciando pressoché integro il fasciame e intatti i rapporti tra questo ed i vincoli costituiti dai tenoni all'interno delle mortase. Il guscio ottenuto, poi, costituiva esso stesso un bacino di trattamento per l'impregnazione del legno.

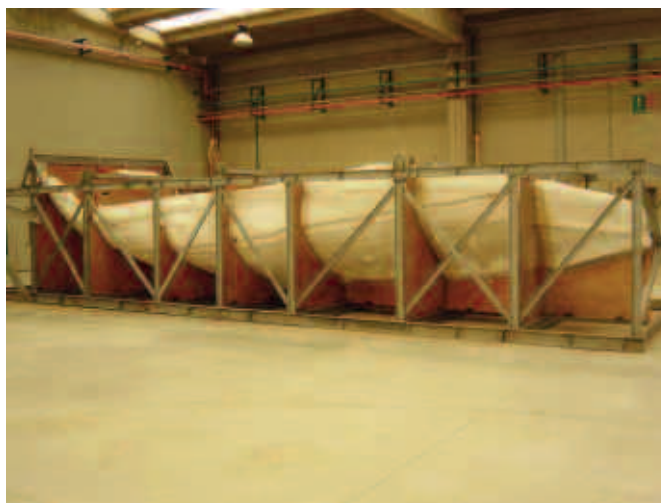
Tuttavia, probabilmente per la mancanza di prove certe sulla effettiva riuscita, questo metodo non fu sufficientemente valutato e non fu utilizzato per i relitti scoperti in seguito, negli anni successivi ai primi esperimenti. Infatti, a Marsiglia nello scavo di Place Jules Verne (1992-1997), in quelli succedutisi a Lione tra il 1989 e il 2005 e a Olbia in Sardegna tra il 1999 e il 2001, si è preferito ricorrere allo smontaggio dei numerosi relitti rinvenuti per procedere, poi, al consolidamento dei singoli elementi dello scafo e dell'ossatura<sup>11</sup>.

Comunque, l'idea di recuperare i relitti nella loro interezza, anche quelli scoperti sott'acqua, non è stata del tutto abbandonata. In Israele, sulle rive del Mare di Galilea, una barca da pesca, risalente ai primi anni della nostra era, è stata recuperata nel 1986, avvolgendola in un guscio di schiuma poliuretanic. In questo modo la barca ha potuto raggiungere il laboratorio di restauro galleggiando sulla superficie del lago; qui è stata sottoposta ad impregnazione con PEG, per immersione in vasca, fino al 1995 (Figura 3)<sup>12</sup>. Più recentemente, nel 1999, sono stati fatti



**Figura 3.** Barca di Galilea (foto Bettina & Dominique Zygmunt)

infruttuosi tentativi in Italia a Grado, per il recupero integrale del relitto della *Julia Felix*. Lo stato di conservazione del legno non ha, però, consentito l'operazione di sollevamento dal fondale ed il relitto è stato smontato per essere avviato al trattamento conservativo che è attualmente in corso. Il metodo di recupero entro guscio di resina è stato, poi, ripreso nei cantieri di Pisa San Rossore (dal 1998 ad oggi)<sup>13</sup> e di Napoli, piazza Municipio (2003-2004)<sup>14</sup>. Nel primo caso ci si è avvalsi della precedente esperienza di Valle Ponti e di Ravenna<sup>15</sup>, per riformulare una versione aggiornata e migliorata della resinatura a guscio chiuso (Figura 4), mentre



**Figura 4.** Pisa nave C

a Napoli si è realizzato un guscio aperto, rivestendo la carena con gomma siliconica e con diversi strati di vetroresina (Figura 5).

Dopo il recupero ed il trasporto in laboratorio, tale guscio è stato utilizzato ulteriormente come vasca di lavaggio, e potrà servire, in seguito, anche come bacino per il trattamento di impregnazione.



Figura 5. Napoli - recupero dei relitti

Possiamo riassumere, dunque, i metodi di recupero che abbiamo esaminato fin qui, e notiamo che la nostra precedente sintesi appare ulteriormente articolata, secondo lo schema seguente:

- Smontaggio totale del relitto;
- Smontaggio parziale del relitto (carpenteria trasversale);
- Sezionamento del relitto in tronconi;
- Recupero del relitto intero su invaso centinato;
- Recupero del relitto intero, con resinatura in guscio chiuso;
- Recupero del relitto intero, con resinatura a guscio aperto.

Ora, se si approfondiscono i motivi che fanno preferire la scelta di smontare il relitto rispetto a quella di recuperarlo senza manomissioni, si evince che le ragioni sono essenzialmente di ordine pratico: non si debbono progettare e realizzare complessi apprestamenti di recupero sul cantiere di scavo e, di conseguenza, si risparmia tempo in questa fase (anche se dovrà dedicarsi non poca attenzione a contrassegnare e identificare le singole parti da smontare in vista della ricomposizione dopo l'impregnazione e il consolidamento dei legni); il trasporto in laboratorio di restauro risulta, poi, più agevole e meno impegnativo, per la comodità di traslare le parti smontate in sottoinsiemi di volume contenuto. Non si tiene sufficientemente conto, tuttavia, a mio avviso, di alcune difficoltà che inevitabilmente dovranno essere affrontate nel corso dei procedimenti di restauro e di restituzione del complesso architettonico del relitto. In primo luogo i legni dovranno essere lavati, dissalati e consolidati in vasche dalla capacità consistente, che richiederanno l'impiego di congrue quantità di acqua, biocidi, impregnanti, energia termica, movimentazione di personale e attrezzature. Il metodo di impregnazione del legno archeologico imbevuto d'acqua più sperimentato e praticato, come è noto, è quello che prevede l'utilizzo del PEG, anche se il materiale usato non è economico e le procedure non sono esenti da complicazioni e, a volte, da incidenti di percorso (ad esempio nel caso di compresenza di elementi di ferro nelle strutture)<sup>16</sup>. I costi relativi, anche in termini di consumi energetici e smaltimento di scorie, sono da considerare attentamente nella loro globalità in fase di progettazione, prima di scegliere di attuare lo smontaggio e l'impregnazione in vasche aperte. C'è poi anche una questione riconducibile agli aspetti metodologici ed etici dell'intervento di recupero e di restauro, che meriterebbe di essere considerata: se nel corso di uno scavo venisse alla luce una statua colossale o un gruppo scultoreo di notevoli dimensioni ed ingombro, chi si sentirebbe autorizzato, per motivi di praticità ed economia, a recuperare l'opera dopo averla smontata o, peggio, segata come è avvenuto, ad esempio, per i relitti di Lione, di cui si è detto? Il relitto non è un insieme di legni di specie diverse che possano essere disarticolati, trattati e

ricomposti nei rapporti e nelle interazioni originali in maniera sicura e disinvolta. Anche se non volessimo tenere conto della sua dignità di manufatto storico e archeologico, della sua articolata volumetria e della sua complessa architettura, che dovrebbero imporre attenzioni e prudenza pari a quelle dovute ad un'opera di arte antica, converrebbe pure riflettere sul fatto che, nella ricostruzione, sarebbe necessario sostituire la maggior parte dei giunti originali, tenoni, cavicchi, incastri, perni, ecc..., che sarà stato impossibile *smontare* con la necessaria accortezza; si dovrebbe ricorrere alla realizzazione di nuovi incastri, nuove sedi per vincoli e giunti, dal momento che sarà difficile far combaciare alla perfezione quelli preesistenti, per la diversa risposta delle specie legnose ai trattamenti di impregnazione e i conseguenti diversi coefficienti, anche se minimi, di ritiri e deformazioni. Tutto ciò si tradurrebbe, inevitabilmente, in una più o meno invasiva manomissione del manufatto originale, che sarebbe doveroso cercare di evitare. Queste considerazioni sono valide per i relitti, ma ovviamente, anche per le parti di relitti di limitata consistenza, ma che presentino elementi assemblati tra loro. A mio parere, l'adozione del metodo che prevede la resinatura dello scafo con la realizzazione di una culla di vetroresina è quello che potrebbe offrire maggiori vantaggi nell'ottica di un recupero rispettoso dell'integrità del relitto. Ma più del guscio chiuso, a doppia valva esterna e controforma interna allo scafo, che ha presentato inconvenienti ancora non del tutto risolti, potrebbe essere preso in considerazione il tipo aperto, realizzato per i relitti di Piazza Municipio a Napoli (Figura 5), che, con opportune modifiche e accorgimenti supplementari, potrebbe venire incontro alle problematiche accennate, ed agevolare l'economicità e la pratica attuazione dei trattamenti di impregnazione. La procedura di cui si sta avviando la sperimentazione prevede, quindi, l'adozione di una *vasca di trattamento a volume variabile*. L'invaso di vetroresina, che viene realizzato già sul cantiere attorno alle carene, sarà utilizzato anche come vasca di trattamento (Figura 6).

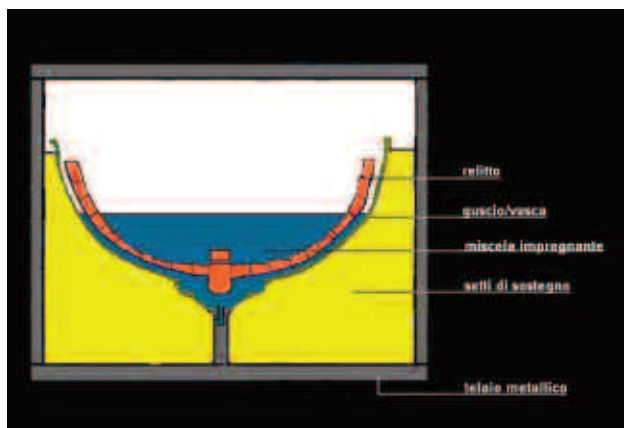


Figura 6. La culla di trattamento- sezione schematica

La fase della resinatura dovrà essere particolarmente curata, poiché sarà necessario realizzare diversi strati ai quali si aggiungerà, verso l'esterno, materiale coibente che, durante l'impregnazione, impedirà l'eccessiva dispersione del calore. Alla stessa intelaiatura metallica predisposta per il sollevamento ed il trasporto nei laboratori di restauro, sarà collegata una controforma, riprodotte il profilo interno del relitto alloggiato all'interno della valva/invaso. Questa controforma, anch'essa in più strati di resina alternati a materiali isolanti, sarà posizionata al di sopra del relitto e, per mezzo di attuatori lineari (pistoni idraulici, martinetti elettrici) potrà es-

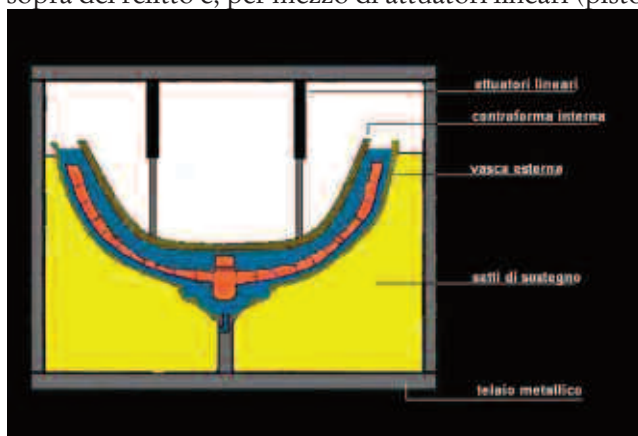


Figura 7. Invaso a volume variabile- sezione schematica

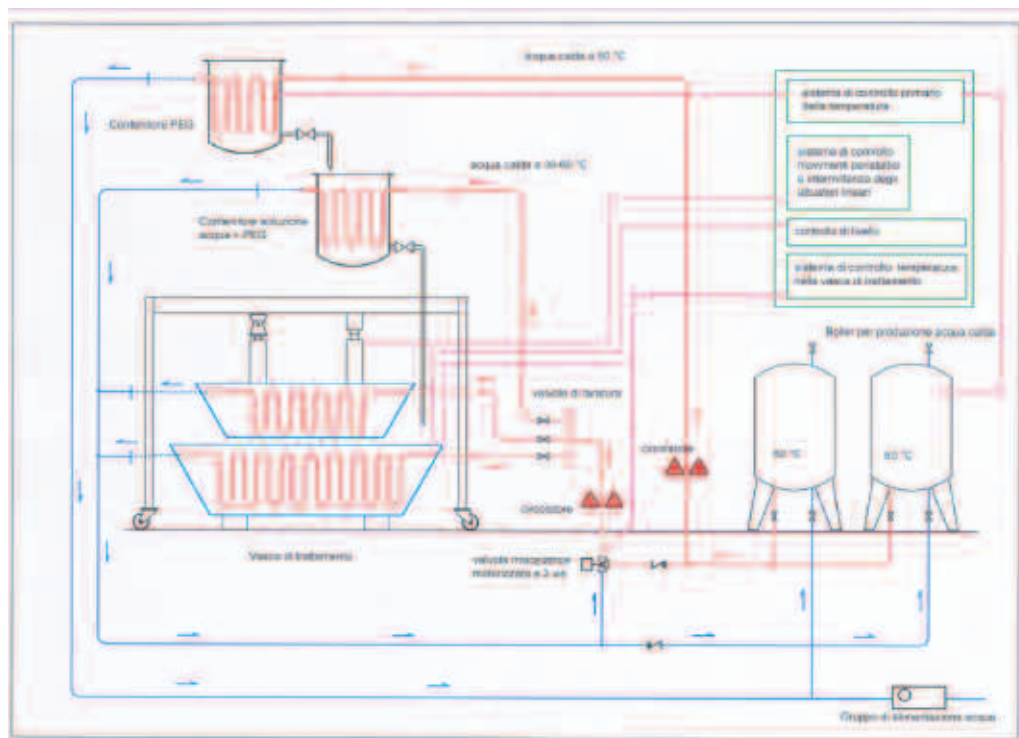


Tavola I. Schema dell'impianto di trattamento sperimentale

sere abbassata o sollevata all'interno della valva/invaso. Il movimento determinerà la variazione volumetrica della miscela impregnante, che salirà verso l'alto a coprire i legni nella fase di discesa, o si ritirerà nelle fasi di salita, secondo le necessità individuate dai responsabili del restauro<sup>17</sup> (Figura 7 e Tavola I).

Pertanto potrà essere utilizzata una quantità molto ridotta di miscela impregnante, che la spinta della valva interna porterà, comunque, a coprire i legni ottenendo, così, un congruo risparmio nel quantitativo di PEG utilizzato. Il sollevamento della valva interna, inoltre, offrirà la possibilità di monitorare in qualsiasi momento le fasi dell'intervento e i parametri della temperatura e della composizione della miscela impregnante, sia in maniera diretta, sia attraverso l'impiego di sensori e rilevatori dei dati richiesti, che potranno essere collocati nell'invaso in fase di allestimento della vasca. La ridotta superficie libera tra le due valve e la possibilità di realizzare elementi mobili di copertura, limiterà al minimo l'evaporazione ed anche l'energia termica ed elettrica necessaria al funzionamento del sistema risulterà contenuta, una volta entrato a regime il ciclo di mantenimento del calore<sup>18</sup>. L'esperimento è ora nelle fasi preliminari e si spera che le ottimistiche prospettive espone non vengano smentite dalla sperimentazione, i cui risultati saranno, comunque, prontamente resi noti<sup>19</sup>.

#### Bibliografia

- BOETTO 2000: G. Boetto, *Naves caudicariae et la navigation sur le Tibre*, in M.P. Arnaud (ed.), *Naviguer entre mer et rivière*, Nice 2000
- BRUNI 2000: S. Bruni (a cura di), *Le navi antiche di Pisa*, Firenze, 2000
- CAMILLI 2004: A. Camilli, *Il cantiere delle navi antiche di Pisa: note sull'ambiente e sulla periodizzazione del deposito*, in *Archaeologia Maritima Mediterranea*, 1, 2004, pp. 53-76
- CRUMLIN-PEDERSEN & OLSEN 2002; O. Crumlin-Pedersen, O. Olsen (eds.), *The Skuldelev Ships I: Topography, History, Conservation and Display. Ships and Boats of the North 4-1*, The Viking Ship Museum in Roskilde and Centre for Maritime Archaeology of the National Museum of Denmark, Roskilde, 2002
- D'ORIANO 2006: R. D'Oriano, *I favolosi relitti di Olbia la cosmopolita*, in *Darwin Quaderni*, 1, 2006, pp. 98-103
- GIACHI 2006: G. Giachi, *Analisi e trattamenti di imbarcazioni di interesse archeologico in territorio italiano*, in Atti del Convegno *La Diagnostica e la conservazione dei manufatti lignei*, Marsala (TP), 9-11 Dicembre 2005, Firenze, pp. 1-19
- GIAMPAOLA et alii 2005: D. Giampaola, V. Carsana, G. Boetto, M. Bartolini, G. Galotta, G. Giachi, N. Macchioni, M. P. Nugari, B. Pizzo, *La scoperta del porto di Neapolis: dalla ricostruzione topografica allo scavo e al recupero dei relitti*, in *Archaeologia Maritima Mediterranea*, 2, 2005, pp. 48-91

- GIULIANI 1996: C.F. Giuliani, *Note sulla topografia di Portus*, in V. Mannucci (a cura di), *Il Parco archeologico naturalistico del porto di Traiano*, Roma, 1996, pp. 29 - 44
- GUYON & RIETH 2008: M. Guyon, E. Rieth, *The Gallo-Roman barges from Lyon, Parc Saint -George (France): New archaeological data on ancient inland "bottom - based" shipbuilding*, in R. Bockius (ed.), *Proceedings of ISBSA 11*, Mainz (2006), Oxford 2008
- MEUCCI 2005: C. Meucci, *Recupero e trattamento conservativo di relitti con il metodo 'a guscio chiuso'*, in *Science and Technology for Cultural Heritage*, 14 (1-2), 2005, pp. 55-67
- PETRIAGGI 1997a: R. Petriaggi, *Il Museo delle Navi di Fiumicino*, in *L'Archeologo Subacqueo*, n. 7, gennaio-aprile, 1997, pp. 16-20
- PETRIAGGI 1997b: R. Petriaggi, *Il Museo delle Navi di Fiumicino: problemi di conservazione e restauro*, in *I Beni Culturali*, 6, Viterbo, 1997, pp. 15-18
- POMEY 1995: P. Pomey, *Les épaves grecques et romaines de la place Jules-Verne à Marseille*, in *Comptes Rendus Académie Inscriptions et Belles-Lettres*, avril-juin 1995, pp. 459-484
- RICCARDI 2006: E. Riccardi, *Medieval boats from the port of Olbia, Sardinia, Italy*, in *Connected by the Sea*, Proceeding of the Tenth International Symposium on Boat and Ship Archaeology, Roskilde 2003, Oxford, 2006, pp. 312-315
- SANDSTRÖM et al. 2002a: M. Sandström, F. Jalilehvand, I. Persson, U. Gelius, P. Frank, I. Hall-Roth, *Deterioration of the seventeenth century warship Vasa by internal formation of sulphuric acid*, in *Nature*, 415, 2002, pp. 893-897
- SANDSTRÖM et al. 2002b: M. Sandström, I. Persson, F. Jalilehvand, Y. Fors, E. Damian, U. Gelius, I. Hall-Roth, V. L. Richards, I. Godfrey, 2003. *The sulphur threat to marine-archaeological artefacts: acid and iron removal from the Vasa*, in J.H. Townsend, K. Eremin, A. Adriaens (eds.), *Proceedings Conservation Science 2002*, Archetype Press, London, Chapter 13, pp. 79-87
- SANTA MARIA SCRINARI 1979: V. Santa Maria Scrinari, *Le navi del porto di Claudio*, Roma, 1979
- SAUNDERS 1962: R. Saunders, *The Raising of the Vasa; The Rebirth of a Swedish Galleon*. Oldbourne, London 1962
- TESTAGUZZA 1970: O. Testaguzza, *Portus*, Roma 1970
- UCELLI 1950: G. Ucelli, *Le navi di Nemi*, Roma, 1950
- WACHSMANN 2000: S. Wachsmann, *The Sea of Galilee Boat. A 2000 Year Old Discovery From the Sea of Legend*, Cambridge, Massachusetts 2000

#### Note

- 1 Per ragioni di spazio e convenienza, mi limiterò ad esaminare alcuni tra i recuperi più significativi del '900
- 2 UCELLI 1950, pp. 39 segg
- 3 UCELLI 1950, pp. 82-83
- 4 UCELLI 1950, pp. 131-146. Non sapremo mai quale sarebbe stata l'effettiva efficacia dei parziali metodi di controllo degli attacchi da parte dei parassiti (che prevedevano l'uso del fluoruro di sodio e del fosfato ammonico come ignifugo) e di quelli, ancora più irregolari, di impregnazione con prodotti consolidanti (catrame vegetale, paraffina fusa), perché, come è noto, le navi andarono distrutte in un incendio nel 1944. Del resto gli stessi addetti ai lavori non sembrarono fare molto affidamento su tali metodi, confidando soprattutto nel fatto che all'interno del museo "...le mirabili strutture, al riparo, ormai per sempre, dalle intemperie e dall'umidità, possano essere conservate senza necessità di ulteriori interventi", come si legge a pag. 142 del passo citato
- 5 CRUMLIN-PEDERSEN & OLSEN 2002
- 6 SAUNDERS 1962
- 7 SANDSTRÖM et al. 2002a, pp. 893-897
- 8 TESTAGUZZA 1970; SANTA MARIA SCRINARI 1979; GIULIANI 1996, pp. 29 - 44; BOETTO 2000
- 9 PETRIAGGI 1997a, pp. 16-20; PETRIAGGI 1997 b, pp. 15-18. Il consolidamento del legno dei relitti, attuato per irrorazione di metacrilato di metile in emulsione acquosa, è stato incompleto ed il materiale denota attualmente notevoli danni, sia di tipo fisico-meccanico che di natura biologica e microbiologica
- 10 Il trattamento del relitto, per l'insorgere di imprevisti e complicazioni che sarebbe complesso riassumere in questa sede, non è stato ancora completato. L'ideazione di questo metodo si deve a Costantino Meucci, che ne prefigurò le applicazioni in occasione del recupero della Barca di Ercolano nel 1983. MEUCCI 2005, pp. 55-67; GIACCHI 2006, p. 6
- 11 Per i relitti di Place Jules Verne POMEY 1995, p. 459-484; per i relitti di Lione, GUYON & RIETH 2008; per Olbia, D'ORIANO 2006, pp. 98-103, RICCARDI 2006, pp. 312-315
- 12 WACHSMANN 2000
- 13 BRUNI 2000; CAMILLI 2004, pp. 53-76
- 14 GIAMPAOLA et alii 2005, pp. 48-91
- 15 MEUCCI 2005, pp. 60-61
- 16 E' esemplare, per tutti, il caso, già citato, del Vasa. Cfr. SANDSTRÖM et al. 2002a, cit.; SANDSTRÖM et al. 2002b. Il tentativo di evitare problemi di questo genere è un'altra delle motivazioni che, nel caso dei relitti post classici, potrebbero essere alla base della scelta di trattare i legni dopo avere smontato la struttura e allontanato, per quanto possibile, le parti metalliche
- 17 All'interno della stampata delle vasche, inferiore e superiore, sarà alloggiata anche una canalizzazione d'acqua che sarà mantenuta calda, alla temperatura costante richiesta, per mezzo di un sistema di riscaldamento e ricircolo. Il calore si trasmetterà alla miscela presente nell'invaso, permettendo lo svolgimento corretto del trattamento di impregnazione. Cfr. lo schema di funzionamento dell'impianto alla Tavola I. Logicamente questo metodo non potrebbe essere applicato ai relitti storici che, come il Vasa o la Mary Rose, conservino ancora ponti e sovrastrutture

complesse.

18 Cfr. lo schema di funzionamento dell'impianto alla Tavola I

19 Al progetto collaborano, con chi scrive, la biologa Giulia Galotta e le restauratrici Bianca Fossà e Antonella di Giovanni dell'ICR, con gli allievi della Scuola dell'Istituto Alex Sarra ed Enrico Cragolini. Luciana Rossi, chimico dl Museo Pigorini, è consulente, mentre l'impianto e le relative strumentazioni sono progettate e realizzate con la partecipazione di Giovanni Santinelli - Fluimac Impianti -. Ringrazio il dott. Andrea Camilli e i suoi collaboratori del Cantiere delle navi di Pisa per la loro fattiva collaborazione, che molto agevola il nostro esperimento