

Utilizzo di fronde artificiali per la protezione *in situ* di siti archeologici sommersi: studio dell'efficacia e della colonizzazione biologica

Federica Antonelli¹, Sandra Ricci², Carlotta Sacco Perasso³, Barbara Davide Petriaggi⁴, Thijs Coenen⁵, Martijn Manders⁶, David John Gregory⁷, Jørgen Dencker⁸, Brain Smith⁹, Adam Tucker¹⁰ and Alan Hall¹¹

^{2,4}I.S.C.R. Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Via di San Michele 23 Roma

^{1,3}Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro, Via di San Michele 23 Roma, *Collaboratore esterno alla ricerca*

^{5,6}Cultural Heritage Agency, The Netherlands

⁷The National Museum of Denmark, Roskilde, Denmark

⁸The Viking Ship Museum, Roskilde, Denmark

^{9,10,11}SSCS Seabed Scour Control Systems LTD, Gorleston on Sea, Norfolk, United Kingdom

Nell'ambito della conservazione dei beni archeologici sommersi, i tappeti di fronde artificiali sono utilizzati, per proteggere *in situ* le strutture e i reperti dall'azione di erosione del moto ondoso nonché per favorire la sedimentazione sui manufatti o nelle zone limitrofe. L'erosione marina gioca infatti un ruolo molto importante nel degrado e nella bioerosione dei reperti lapidei e lignei.

L'efficacia dei tappeti è stata testata in tre siti sommersi: Burgzand Noord (Olanda), relitto del XVII secolo affondato ad est dell'isola Texel; Tude Hage (Danimarca), insediamento preistorico (5000 a.C.) situato nei pressi della costa ovest di Sjælland (Zealand), ricco di resti organici (es. nasse, imbarcazioni) ben preservati; Parco Archeologico Sommerso di Baia, Italia.

Baia è stata una famosa città costiera, apprezzata per il suo paesaggio, per il clima temperato e le proprietà delle sue acque minerali e termali. È stata località di villeggiatura dell'aristocrazia romana e della famiglia imperiale fino al IV secolo d.C. quando, a causa di un evento di bradisismo, parte della città è stata sommersa dalle acque. Oggi i resti delle lussuose ville e delle altre strutture della città giacciono a 400 - 500 metri dalla costa ad una profondità di 5-7 metri. Sei tappeti di fronde artificiali sono stati utilizzati per ridurre o bloccare i processi di erosione che interessavano un settore del muro perimetrale del *viridarium* della villa dei Pisoni. Questo fenomeno ha causato l'esposizione all'attacco biologico (*Teredo navalis*) delle casseforme lignee di fondazione del muro.



La ricerca è stata condotta con il finanziamento del progetto europeo SASMAP - Development of tools and techniques to Survey, Assess, Stabilise, Monitor And Preserve underwater archaeological sites, (FP7-ENV.2012.6.2-6 Grant agreement no. 308340) <http://sasmap.eu/>



Monitoraggio biologico
La flora e la fauna bentoniche sono state studiate allo scopo di:

- valutare l'incidenza di questo substrato artificiale nell'ambito della biodiversità;
- definire come la colonizzazione influenza il comportamento delle fronde.

Campionamento
Nel corso di un anno sono stati effettuati due campionamenti prelevando due fronde da ogni tappeto, una dal bordo e una dalla zona centrale.



Settembre 2013: dopo due mesi dal posizionamento dei tappeti



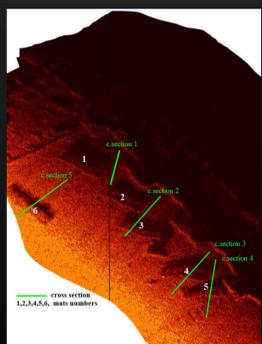
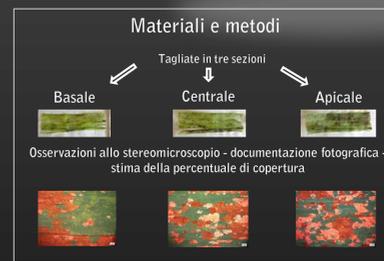
Aprile 2014: dopo nove mesi dal posizionamento



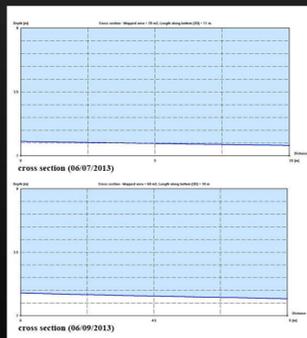
Ottobre 2014: dopo quindici mesi dal posizionamento

Monitoraggio della sedimentazione
Il livello dei depositi di sedimenti indotto dal posizionamento dei tappeti è stato valutato mediante:

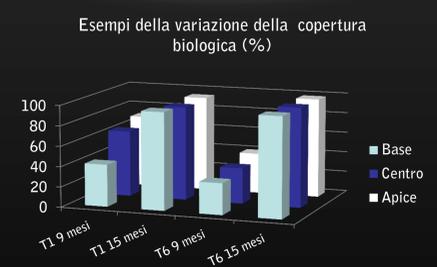
- SSS Ecocos (scan sonar)
- HD Dynamic (dynamic positioning system)
- SensCos (sensori di: direzione della corrente, intensità luminosa e temperatura)
- Naumacos L3 3D laser scanner



Il sito è stato monitorato il 6 Luglio 2013, prima dell'inizio della sperimentazione, ed il 6 Settembre 2013 dopo due mesi dal posizionamento dei tappeti. È stata valutata la durezza del fondale come indice del processo di sedimentazione: maggiore è la durezza, minore la sedimentazione. Le figure a destra mostrano i risultati del rilievo: la distribuzione dei sedimenti è risultata omogenea con un massimo di 25 cm in corrispondenza del muro.



Le osservazioni condotte dopo nove mesi dal posizionamento mostravano una elevata copertura da parte di alghe rosse incrostanti unitamente ad altre forme bentoniche ascrivibili ai gruppi di briozoi, alghe verdi, cianobatteri e diatomee. Le osservazioni relative ai campioni di quindici mesi hanno rilevato una diminuzione delle forme incrostanti ed un aumento delle alghe filamentose. Questo è probabilmente legato alla scarsa aderenza delle prime al substrato dovuta all'impossibilità di penetrare lo strato di plastica. Nel complesso, comunque, la percentuale di copertura biologica tende ad aumentare nel tempo (vedi grafico).



Sono presenti forme di alterazione delle fronde: separazione in strisce longitudinali che portano alla perdita di intere porzioni; ripiegamento «ad organetto» lungo l'asse maggiore, favorito dalla presenza di secrezioni animali agglutinanti, con conseguente appesantimento della fronda. Queste alterazioni, unite all'aumento del peso dovuto alla crescita biologica, possono influire sull'efficacia dei tappeti. Il monitoraggio è ancora in corso per definire i tempi in cui l'efficienza del tappeto può essere considerata ottimale.

