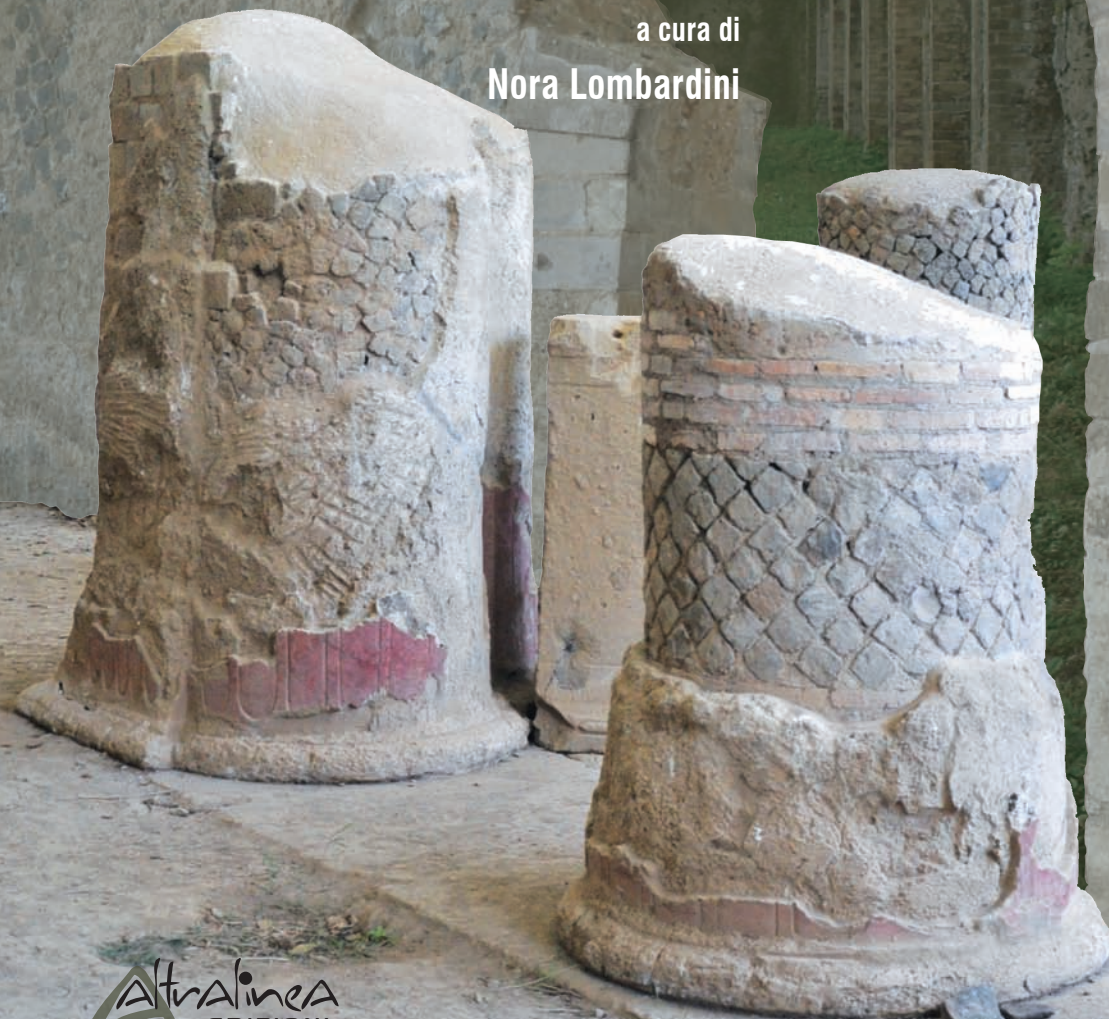




# Un approccio interdisciplinare al progetto di conservazione

LA VALORIZZAZIONE DELL'AREA ARCHEOLOGICA  
DEDICATA AL CULTO DELLA DIANA NEMORENSE

a cura di  
**Nora Lombardini**



Le rovine, i resti archeologici sono, fra i beni culturali, i più immediatamente apprezzati, se non amati e graditi, perché chiunque, proprio per lo specifico stato di rovina e di rudere, può ricondurli ad un tempo antico, per quanto indefinito, che desta rispetto e curiosità, forse proprio perché non facilmente decifrabile e riconoscibile. La rovina e il resto archeologico suscitano interesse senza distinzione di civiltà e cultura di appartenenza. Diversamente dal patrimonio culturale la cui completezza ci mette a confronto con un complesso sistema di conoscenza, la rovina mantiene, in sé e per sé, quel senso estetico e romantico che appaga senza che l'informazione su di esso sia esaustivamente completa.

Il bene archeologico è il bene universalmente riconosciuto, che non dà adito ad equivoci storici, se non estetici, perché antico e dissotterrato.

Più estraniante, invece, può apparire il sito archeologico, costituendo un sistema di rovine che, allargando il punto di vista, finisce con il comprendere non solo i singoli resti, ma anche le interconnessioni, i collegamenti: spazi che nella mente e nell'immaginazione non trovano immediato rapporto.

A fianco, quindi, della conservazione della rovina, si pone il problema della sua fruizione e della sua comprensione. Oggi diremmo della sua valorizzazione.

Proprio sulla valorizzazione e sul ruolo che i sistemi di coperture dei resti archeologici (sempre che siano necessari) sono stati pensati gli scritti raccolti in questo volume.

Il saggio è stato suddiviso in due sezioni dove gli autori hanno prima affrontato i temi generali della conservazione, valorizzazione e museificazione dei beni culturali, con particolare riguardo al patrimonio archeologico e, successivamente, si sono confrontati con il caso di studio, rappresentato da una delle aree archeologiche e paesaggistiche più importanti in Italia e meglio conosciuti al mondo: il Santuario del Tempio di Diana sul lago di Nemi (Roma).



COLLANA DI RESTAURO ARCHITETTONICO

06

*Restauro Archeologico*



PRISTINA SERVARE  
Collana di Restauro Architettonico / 06  
*Restauro Archeologico*

*Sezioni della Collana*

CONSERVAZIONE E RIUSO DEL COSTRUITO  
CONSOLIDAMENTO  
RESTAURO ARCHEOLOGICO  
RESTAURO NEI PAESI EMERGENTI  
RESTAURO URBANO  
RISORSE LOCALI E TECNICHE COSTRUTTIVE TRADIZIONALI  
STRUMENTI E METODI PER LA CONOSCENZA

*Contributi di*

Nora Lombardini  
*Politecnico di Milano – dABC*

Cristiana Achille  
*Politecnico di Milano – dABC*

Stefano Della Torre  
*Politecnico di Milano – dABC*

Alberto Bertucci  
*Sindaco di Nemi*

Giuseppina Ghini  
*Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per l'Area Metropolitana di Roma, la Provincia di Viterbo e l'Etruria Meridionale*

Federico Bucci  
*Politecnico di Milano – dABC*

Domenico Chizzoniti  
*Politecnico di Milano – dABC*

Domenico Lini  
*Già Direttore Fondazione Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia Leonardo da Vinci*

Ilaria Girardi  
*Laureata in Architettura*

Francesco Fassi  
*Politecnico di Milano – dABC*

Massimo Valentini  
*Politecnico di Milano – Dipartimento di Energia*

Elisabetta Rosina  
*Politecnico di Milano – dABC*

Roberto Bugini  
*ICVBC - CNR*

Elsa Garavaglia  
*Politecnico di Milano – DICA*

Fulvio Re Cecconi  
*Politecnico di Milano – dABC*

Sebastiano Maltese  
*Politecnico di Milano – dABC*

---

© Altralinea Edizioni s.r.l. – 2017  
Via P. Carnesecchi 39  
50131 Firenze  
Tel. +39 055 333428  
info@altralinea.it  
www.altralineaedizioni.it

*tutti i diritti sono riservati: nessuna parte può essere riprodotta o trasmessa in alcun modo (compresi fotocopie e microfilms) senza il permesso scritto dalla Casa Editrice*

ISBN 978-88-98743-31-5

*Design della Collana*  
Adriana Toti

Finito di stampare

*Stampa*

*In copertina*  
Nemi, veduta del lago e reperti dell'area archeologica del tempio di Diana

# Un approccio interdisciplinare al progetto di conservazione

**LA VALORIZZAZIONE DELL'AREA ARCHEOLOGICA  
DEDICATA AL CULTO DELLA DIANA NEMORENSE**

a cura di

**Nora Lombardini**

AltraLinea  
EDIZIONI

## **PRISTINA SERVARE**

Collana di Restauro Architettonico / 06

*Restauro Archeologico*

*Diretta da*

Alessandro Gambuti, *già Università degli Studi di Firenze*  
Giuseppe Cruciani Fabozzi, *già Università degli Studi di Firenze*

*Comitato dei Garanti*

Carlo Blasi, *Università di Parma*  
Maurizio Boriani, *Politecnico di Milano*  
Stella Casiello, *Università di Napoli Federico II*  
Guy Conde Reis, *Direction des Monuments et des Sites – BDU*  
Luigi Dei, *Università di Firenze*  
Carolina Di Biase, *Politecnico di Milano*  
Carlo Alberto Garzonio, *Università di Firenze*  
Maria Adriana Giusti, *Politecnico di Torino*  
Francesco Gurrieri, *già Università di Firenze*  
Carlo Monti, *già Politecnico di Milano*  
Stefano Musso, *Università di Genova*  
Mario Santana Quintero, *Carlton University, Ottawa*

*Comitato Editoriale*

Adriana Toti (coordinamento), Susanna Bortolotto,  
Christian Campanella, Mariacristina Giambruno, Luigi Marino,  
Giulio Mirabella Roberti, Grazia Tucci

Ogni volume della Collana è sottoposto a *double blind peer review*

*Sezioni Tematiche e Comitati Scientifici*

### **CONSERVAZIONE E USO DEL COSTRUITO**

Christian Campanella (responsabile), *Politecnico di Milano*  
Chiara Occelli, *Politecnico di Torino*  
Giulia Marino, *École Polytechnique Fédérale de Lausanne*  
Mauro Saracco, *Università degli Studi di Macerata*  
Simona Salvo, *Università degli Studi di Roma La Sapienza*

### **RESTAURO ARCHEOLOGICO**

Luigi Marino (responsabile), *già Università degli Studi di Firenze*  
Habib Baklouti, *Inst. Prép. aux Etudes Littéraires et Sciences Sociales, Tunis*  
Salvatore D'Agostino, *Università degli Studi di Napoli*  
Osama Hamdan, *Al Quds University, Gerusalemme*  
Jean-Yves Marin, *Musée d'Art et d'Histoire, Ginevra*  
Stefano Pulga, *Co.Re. Aosta*  
José Ramon Soraluze Blond, *Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de A Coruña*  
Andrea Ugolini, *Università degli Studi di Bologna*

### **RESTAURO NEI PAESI IN TRANSIZIONE E IN VIA DI SVILUPPO**

Susanna Bortolotto (responsabile), *Politecnico di Milano*  
Redha Attoui, *Dépt. d'Architecture, Faculté de Sciences de la Terre, Annaba*  
Iris Gerlach, *Sana'a Department of the German Archaeological Institute*  
Serena Massa, *Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano*  
Camillo Magni, *Politecnico di Milano*  
Francesco Augelli, *Politecnico di Milano*  
Jaime Migone, *UISEK Universidad Internacional de Santiago de Chile*

### **RESTAURO URBANO**

Mariacristina Giambruno (responsabile), *Politecnico di Milano*  
Andrea Pane, *Università degli Studi di Napoli Federico II*  
Guido Licciardi, *urban specialist, The World Bank*  
Alberta Cazzani, *Politecnico di Milano*  
Raffaella Simonelli, *Politecnico di Milano*  
Alessandra Maniaci, *Università Mediterranea di Reggio Calabria*  
Emanuele Romeo, *Politecnico di Torino*

### **STRUMENTI E METODI PER LA CONOSCENZA**

Grazia Tucci (responsabile), *Università degli Studi di Firenze*  
Caterina Balletti, *Università IUAV di Venezia*  
Gabriele Bitelli, *Università degli Studi di Bologna*  
Valentina Bonora, *Università degli Studi di Firenze*  
Emma Cantisani, *ICVBC / CNR Roma*  
Alessandro Capra, *Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*  
José Luis Lerma Garcia, *Universitat Politècnica de València*  
Andreas Georgopoulos, *National Technical University of Athens*  
Francesco Guerra, *Università IUAV di Venezia*  
Massimiliano Pieraccini, *Università degli Studi di Firenze*

# INDICE

## Introduzione

pag. 7

### **Ringraziamenti**

*Nora Lombardini, Cristiana Achille*

7

### **Valorizzazione e fruizione nelle aree archeologiche**

Metodologia e prassi attraverso il caso di Nemi

*Nora Lombardini, Cristiana Achille*

8

### **Gestione e conservazione dei siti archeologici**

*Stefano Della Torre*

10

### **“Archeologia, tutela, fruizione e valorizzazione” del santuario di Diana a Nemi**

*Alberto Bertucci*

13

### **Nemi e il suo territorio: tutela e valorizzazione dell'area sacra e del bacino nemorense**

Lo stato dell'arte per la futura programmazione

*Giuseppina Ghini*

14

## Parte I – Musealizzazione e valorizzazione: problemi di metodo

pag. 17

### **Il progetto di valorizzazione nei siti archeologici**

*Nora Lombardini*

20

### **Riflessioni sulla progettazione di un museo**

*Domenico Lini*

28

### **Il Museo delle navi romane di Nemi e gli allestimenti italiani tra le due guerre**

*Federico Bucci, Elisa Boeri*

36

### **Due castelli: Milano e Verona**

*Domenico Chizzoniti*

46

### **Memoria e Narratività. Il museo “per” e “nel” reperto.**

Approcci compositivi al tema dell'assenza

*Domenico Chizzoniti*

58

### **Il recupero delle navi di Nemi e la nascita del Museo della Scienza di Milano**

*Domenico Lini*

68

### **Virtualizzazione del Museo delle navi romane come strumento di potenziamento**

*Cristiana Achille, Ilaria Girardi*

80

**Aree archeologiche e rilievo**

Alcune considerazioni sui metodi di rilievo strumentale

*Cristiana Achille, Francesco Fassi*

88

**Il progetto dell'impianto diagnostico per l'identificazione delle cause del degrado e delle alterazioni nelle aree archeologiche***Massimo Valentini*

104

**Ricognizione sullo stato dell'arte delle coperture in aree archeologiche e linee di ricerca per lo sviluppo di prototipi innovativi***Elisabetta Rosina*

112

**La geologia del territorio e i materiali da costruzione del basso Lazio***Roberto Bugini, Luisa Folli*

128

**Il progetto strutturale delle coperture di protezione**

Conoscenza delle condizioni ambientali, analisi del sito e progetto delle strutture

*Elsa Garavaglia*

142

**Questioni tecnologiche e cantieristiche nei progetti per le coperture in aree archeologiche***Fulvio Re Cecconi, Sebastiano Maltese*

150

## Parte II – Nemi: l'area archeologica

pag. 167

**La storia degli studi e degli scavi condotti nell'area archeologica dedicata al culto della Diana Nemorense***Nora Lombardini*

168

**Il rilievo dei resti e delle coperture dell'area archeologica del tempio di Diana a Nemi***Cristiana Achille*

188

**Le indagini diagnostiche nel tempio di Diana a Nemi***Massimo Valentini*

198

**Le indagini mineralogico-petrografiche per la caratterizzazione dei materiali e del degrado nel tempio di Diana a Nemi***Roberto Bugini, Luisa Folli*

204

**Il progetto strutturale della copertura nell'area archeologica di Nemi***Elsa Garavaglia*

208

**Le strutture del santuario di Diana a Nemi***Nora Lombardini*

218

## Parte III – Elaborati degli studenti

pag. 228

**Questioni di rilievo e protezione dei siti archeologici***Nora Lombardini, Cristiana Achille*

228

**Tavole degli elaborati degli studenti**

230



# RICOGNIZIONE SULLO STATO DELL'ARTE DELLE COPERTURE IN AREE ARCHEOLOGICHE

e linee di ricerca per lo sviluppo  
di prototipi innovativi

**Elisabetta Rosina**

## 9.1. REINTERRO, COPERTURE, MUSEI: LE ALTERNATIVE E LE TENDENZE IN ATTO

La protezione dei siti archeologici richiede un approccio multidisciplinare, che permetta di garantire la permanenza dei resti *in situ* giungendo ad un delicato equilibrio tra fruizione sostenibile e mitigazione degli effetti negativi dell'ambiente nell'interazione con le superfici esposte, oltre a dipendere da fattori che riguardano in primo luogo la gestione del sito e la continua cura e manutenzione, nell'ottimizzazione delle risorse necessarie<sup>1</sup>.

La maggior parte dei reperti che si decide di esporre al pubblico è costituito da materiali resistenti, che mantengono la loro connessione con il territorio e il sito in cui sono stati reperiti grazie alla loro permanenza nel punto in cui sono stati scoperti. Dopo la fase di rinvenimento, scavo, eventuale restauro, l'allestimento sul campo viene riservato alla gran parte dei manufatti che vengono ritenuti in grado di resistere alle aggressioni degli agenti atmosferici, alla luce, alle escursioni termiche, a eventuali danni dovuti alle condizioni geografiche e quindi climatiche ed elementi antropici potenzialmente pericolosi. L'alternativa di reinterrare nuovamente i reperti, dopo il loro studio e rilievo, è cruciale per la gestione dell'area e per ridurre i rischi di impatto dell'ambiente sul reperto [1]. In molti casi questa possibilità risulta la più conservativa, poiché non esistono risorse suf-

<sup>1</sup> M. Demas, T. Roby: «Site management requires not just a plan, but also the resources and institutional infrastructure to implement it. [...] Good governance, legislative frameworks, and policies for heritage conservation are key elements for successful plan implementation, but in many places the lack, inadequacy, or inefficacy of legal instruments and cultural policies has hindered the application of systematic approaches and the implementation of plans. These circumstances take significant time to change and entail sustained presence at sites for effective results. As the understanding of cultural heritage broadens and deepens, so do the challenges of preserving it materially and in a way that is meaningful and beneficial for society. Civil wars, looting, lack of stability, development driven by urbanization and tourism, climate change, and the impact of large numbers of visitors on heritage sites have emerged in recent decades as global threats. Addressing these urgent problems is the new frontier of managing archaeological sites worldwide in the twenty-first century». in *Conser-*





ficienti per poterne evitare il degrado progressivo e irreparabile [2]. Tra queste due alternative, l'esposizione *in situ* dei ritrovamenti dopo il loro restauro prevenendo cicliche manutenzioni o il loro seppellimento, esistono altre soluzioni che attualmente trovano largo impiego in un ampio spettro applicativo. Gli odierni orientamenti indicano come nettamente preferibile la scelta di mitigare il più possibile i fattori di degrado *in situ*, ricorrendo alla collocazione in museo dei reperti solo in assoluta mancanza di altre possibilità per la loro ragionevole conservazione, sia pur il museo costruito sulla stessa area archeologica (Figura 1) o nelle immediate vicinanze (Figure 2 e 3). Riconoscere il legame tra l'oggetto e il luogo in cui è stato ritrovato, la sua ultima appartenenza e riferimento d'uso prima dell'oblio che spesso intercorre fino al ritrovamento, significa riconoscere il valore legato anche all'uso che se ne è fatto e alla storia che si narra attraverso le sue trasformazioni e trasferimenti.

La protezione dei reperti archeologici ha meritato un apparato legislativo anche prima della Carta di Atene, ancora prima della stesura di leggi nazionali per la protezione degli edifici storici e del paesaggio nei paesi occidentali e persino nei paesi in cui le colonie alla fine del XIX-inizio XX secolo rappresentavano ancora, culturalmente, un'estensione della madri patrie e necessitavano di una regolamentazione che "prevenisse" il fiorente commercio, anche illegale, di reperti a favore del mercato occidentale<sup>2</sup>.

Se ciò è valido per gli oggetti mobili, ancor di più lo è per le parti di architettura, come rivestimenti pregiati, decorazioni musive, pittoriche o lapidee, che testimoniano spesso il propagarsi di stili e mode, influssi culturali, processi di inculturazione, fondamentali per lo studio e la comprensione dello sviluppo delle civiltà. Nel caso di apparati architettonici, la rimozione di una parte dei reperti al fine di proteggerli dall'esposizione al degrado ambientale da sempre ha suscitato un acceso dibattito e quindi la necessità di ricondurre la discussione entro una serie di conferenze, a volte con il successivo rilascio di documenti di valenza internazionale da parte dei principali enti atti alla protezione del patrimonio culturale mondiale [3, 4].

Per il panorama italiano, Elena Romoli riferisce in [5] come si è declinato:

«[...] "Salvaguardia" e "restauro" sono le attività relative ai beni tutelati individuate dalla Circolare n. 117 del 6 aprile 1972 del Ministero della Pubblica Istruzione, più nota come Carta Italiana del restauro 1972, mentre nello specifico del punto 3 dell'art. 6 è indicato con nettezza che "sono proibiti indistintamente, per tutte le opere d'arte di cui agli artt. 1, 2 e 3: (...) rimozione, ricostruzione o ricollocamento in luoghi diversi da quelli originari; a meno che ciò non sia determinato da superiori ragioni di conservazione": a tali prescrizioni occorre attenersi nell'esercizio della tutela da parte degli organismi statali. Pertanto nei siti di rinvenimento vanno mantenuti in condizioni di efficienza, quanto più possibile, quei

*vation and management of Archaeological sites*, Proceedings of the Conference, Getty Conservation Institute, 1995 ([https://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/arch\\_sites\\_medit\\_eng.pdf](https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/arch_sites_medit_eng.pdf))

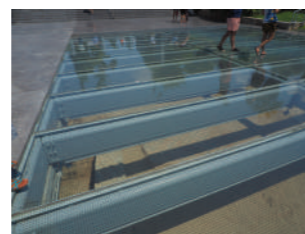
<sup>2</sup> Ad esempio si veda nelle Americhe: in USA, the Antiquities Act per la protezione dei reperti archeologici dei nativi, 1906; la nascita del NPS 1916 per la conservazione dei beni naturali e archeologici;

del primo parco di Yellowstone, 1872, nella zona abitata dai nativi per più di 11.000 anni; in Messico dal 1827 al 1896 fu stabilito un ufficio statale con potere esecutivo per controllare ed autorizzare gli scavi e custodire i reperti archeologici rinvenuti, e le prime leggi di tutela si datano al 1930-34, e nel 1966 aggiungendo alla Costituzione l'art. 73 che sancisce l'autorità dello Stato in materia di monumenti storici, artistici e archeologici. Infine,



**FIGURA 1** BRESCIA: AREA ARCHEOLOGICA DI SANTA GIULIA ALL'INTERNO DEL MUSEO, RESTI DELLA PAVIMENTAZIONE MUSIVA E LAPIDEA DI ABITAZIONI PRIVATE ACCANTO AL TEATRO (FOTO DI ELISABETTA ROSINA, DICEMBRE 2015)

**FIGURE 2-3** ATENE: MUSEO DELL'ACROPOLI, AREA ARCHEOLOGICA SOTTO IL PAVIMENTO DEL PIANO TERRENO. (FOTO DI ELISABETTA ROSINA, AGOSTO 2015)



si consideri che uno dei primi atti internazionali UNESCO riguarda le "International regulations with regard to archaeological excavations", 1948, a conferma di quanto fosse necessario e prioritario proteggere il patrimonio archeologico ancora nell'immediato dopoguerra, e che ha nel 1956 dato seguito alla promulgazione di "Recommendation on International Principles Applicable to Archaeological Excavations" (UNESCO).

reperi immobili che meglio ne testimoniano gli antichi usi, quali mosaici, pavimentazioni, intonaci, affreschi, colonne, decorazioni, sarcofagi, ecc, che lasciati alle intemperie non potrebbero sfuggire al disfacimento, poiché sovente erano stati realizzati per ambienti coperti».

Per i manufatti che mantengono vulnerabilità intrinseche dovute ai materiali di cui sono fatti, alle tecniche di lavorazione e decorazione, alle vicende subite in antico o in precedenti restauri, la predisposizione di una copertura protettiva permette di prolungare gli effetti della conservazione e prevenire ulteriori degradi, limitando e mitigando i possibili danni dell'ambiente in cui il reperto rimane [6], ben descritti anche in questo volume da Massimo Valentini. Per quanto si sia anche giunti alla possibilità di riallocare i mosaici su di un substrato rinforzato<sup>3</sup> che permetta sia l'esposizione *in situ*, sia la temporanea esposizione in musei o in eventi anche lontano dal sito di rinvenimento, la scelta di mantenere il mosaico nell'ambiente in cui è stato rinvenuto rimane la preferibile<sup>4</sup> viste le indicazioni della normativa e l'orientamento degli organi di tutela [7].

Rimane perciò cruciale lo sviluppo di sistemi innovativi per la protezione durante tutte le fasi, dallo scavo al cantiere di restauro, delle parti di architettura inamovibili e si intende conservare *in situ* [8].

Costruire un riparo per le parti di architettura che rimangono all'aperto sia in fase di scavo (quindi prima di un eventuale restauro o applicazione di protettivi), sia in fase di allestimento dell'area per la funzione pubblica, sia poi in seguito, durante la fruizione da parte dei visitatori, richiede di soddisfare requisiti che appartengono a diverse categorie. Sebbene attualmente risulti incontrovertibile che i requisiti per la migliore conservazione dei reperti siano da soddisfare al meglio, è solo verso la fine del XX secolo che l'istanza conservativa emerge come prioritaria rispetto a quella estetica e formale della copertura stessa, del suo impatto ambientale, e di quella didattica di attrarre e presentare al pubblico i ritrovamenti [9, 10].

Perciò si dà per acquisito che i requisiti per progettare interventi architettonici sulle aree archeologiche dovrebbero tenere in considerazione la relazione tra impatto visivo e valorizzazione, quindi rendere attrattiva l'area protetta senza creare una struttura ad alto impatto che snaturi il *genius loci*, l'ambiente naturale e antropico che si è formato; le coperture dovrebbero contribuire all'allestimento, che garantisce una chiara indicazione e sicura accessibilità dei percorsi per la circolazione dei visitatori, organizzando i punti di informazione e di vista, per migliorare la presentazione e fruizione dei manufatti.

A questi requisiti [11, 12], condivisi sia dai progettisti sia da chi è preposto alla tutela dei beni archeologici e del paesaggio e che determinano i criteri alla base delle scelte progettuali, si aggiungono quelli più specifici della conservazione materica, e che, in accordo con le linee guida internazionali [13] richiedono:

- La protezione dagli effetti atmosferici quali precipitazioni, vento, irraggiamento solare e luce diretta;

<sup>3</sup> A questo proposito, si veda [http://www.getty.edu/conservation/our\\_projects/education/mosaikon/](http://www.getty.edu/conservation/our_projects/education/mosaikon/), [http://www.getty.edu/conservation/field\\_projects/mosaics/mosaics\\_component1](http://www.getty.edu/conservation/field_projects/mosaics/mosaics_component1) e i progetti in corso in aree mediterranee ad alto rischio per la conservazione dei mosaici, esposte sia a degrado ambientale, antropico (incluso guerre ed atti vandalici e di terrorismo).

<sup>4</sup> Jacopo Russo ben riassume gli attuali assunti del restauro dei pavimenti musivi riferendosi ai casi di Domus dei Coedii a Castelleone di Suasa e della Villa Romana di Casignana (in [http://jacopo-russo.it/MAE\\_testi\\_ITA/A10\\_Mosaici\\_testo\\_ITA.txt](http://jacopo-russo.it/MAE_testi_ITA/A10_Mosaici_testo_ITA.txt)): "L'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro ha condotto, a partire dagli anni '80 del secolo scorso una serie di interventi in alcune aree

archeologiche dove sono state sperimentate tecniche e metodologie di conservazione in situ dei mosaici. [...] Il mosaico pavimentale è un sistema complesso costituito da malte tradizionalmente a base di calce con aggregati a granulometria sempre più fine passando dallo statumen fino alla malta di allettamento costituita in generale da sola calce, spesso, pigmentata per consentire un corretto posizionamento delle tessere lapidee o vitree. Gli strati più profondi soffrono a causa di danni principalmente meccanici dovuti alla deformazione del terreno sottostante o per impoverimento o alterazione del legante aereo utilizzato nella preparazione della malte. L'affinamento delle tecniche di consolidamento, accompagnata alla sperimentazione di materiali di restauro, maggiormente compatibili

con i materiali costitutivi originari rispetto al cemento, unitamente al migliore controllo dei fattori ambientali, consentono oggi di gestire il mantenimento in situ dei mosaici archeologici. Ciò è stato possibile grazie a nuovi formulati, malte idrauliche a basso contenuto salino, che a partire dagli anni '80, sono state impiegate per conferire sufficiente resistenza meccanica al substrato in modo di supportare il peso degli strati superiori o ulteriori movimenti del terreno stesso. [...] La metodologia degli interventi di consolidamento in situ ha tenuto conto degli assunti teorici che hanno imposto il mantenimento delle inevitabili deformazioni dei piani pavimentali, frutto di assestamenti avvenuti in antico, nel rispetto dei valori storici e delle pregresse vicende conservative".

- La mitigazione degli effetti delle variazioni climatiche, soprattutto se ampie e repentine, che causano disequilibri termoigrometrici, responsabili dell'alternarsi di cicli di evaporazione/cristallizzazione dei sali salini nei materiali che si utilizzano per le costruzioni sin dall'antico (lapidei naturali e artificiali, materiali fittili);
- il drenaggio, raccolta, allontanamento delle acque piovane mediante collegamento a canali di scolo per evitare la stagnazione di acqua in prossimità dell'area, che potrebbe causare umidità di risalita nelle strutture;
- la protezione dall'attacco biologico, sia esso in forma vegetale (muffe, alghe, licheni, cespugli e arbusti, alberi, ecc) sia in forma animale (transumanza di mandrie o percorrenza di animali selvatici). Questo aspetto è da considerare per l'intera area archeologica, inclusi le parti di scavo, e certamente è da realizzare mediante protezione dell'intero perimetro. Non da ultimo, il sistema di salvaguardia da animali e vegetali dovrebbe garantire anche la protezione da danni antropici, inclusi atti di vandalismo.

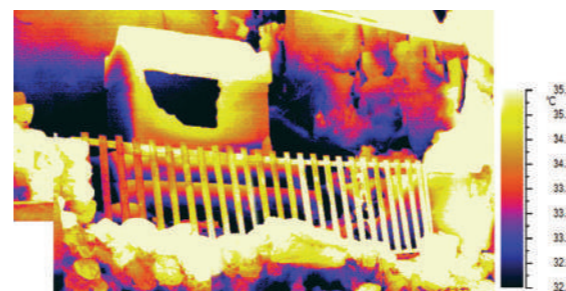
Se ancora frequentemente si parla di coperture in aree archeologiche prioritariamente come un ambito della progettazione architettonica, del disegno, del "segno" che lascia l'artista/architetto sul territorio, molti istituti di ricerca scientifici e associazioni internazionali hanno contribuito notevolmente a mettere a fuoco le principali problematiche, metodologie di analisi anche *in situ* delle effettive condizioni ambientali locali, dell'interazione tra superficie del reperto ed ambiente e delle conseguenti variazioni dovute all'installazione di coperture.

Ad esempio, i programmi e gli studi messi a disposizione dal Getty Conservation Institute hanno dato l'avvio all'esplorazione strategica dei fenomeni da studiare in campo per evincere le principali cause di degrado che potrebbero essere connesse alla realizzazione di coperture sulle aree archeologiche, grazie alla organizzazione sistematica di convegni, promozione di progetti di ricerca, studio, analisi, finanziamento di progetti pilota e casi di studio applicativi [14]. In ambito ICOMOS e UNESCO si contano numerose applicazioni e la promulgazione di linee guida per sviluppare buone pratiche di progettazione e manutenzione delle aree archeologiche, che nel nostro paese sono state recepite dal Ministero per i Beni Culturali e restituite nel manuale di Laurenti [15] per la progettazione delle coperture. Il volume ha il riconosciuto valore di costituire un indirizzo sia per i funzionari di enti pubblici ed associazioni preposti alla tutela, sia per i professionisti cui è richiesta la collaborazione in diverse forme alla progettazione e manutenzione in aree archeologiche. Il cambio di prospettiva è un approccio metodologico basato sul riconoscimento di tutti i valori del reperto e del suo ambiente, per la gestione del sito oltre che del singolo manufatto e che coinvolge maggiormente tutti gli attori presenti sul territorio, raggiungendo una pratica di conservazione efficace e sostenibile.

L'area Mediterranea ha avuto da subito la funzione di intercettare, raccogliere, applicare le riflessioni e gli esperimenti che si andavano teorizzando ed insegnando nell'ambito dei più importanti istituti di ricerca<sup>5</sup> per la conservazione delle aree archeologiche [16]. I comuni denominatori dei moltissimi casi di studio, nei diversi paesi in cui sono localizzati, sono stati le peculiarità climatiche, culturali, di materiali, di inadeguatezza delle risorse disponibili, le minacce dovute all'uso speculativo del territorio, ma anche del grande valore attribuito alle aree archeologiche e alla loro valorizzazione da parte innanzitutto delle comunità locali, e quindi anche dagli organi istituzionali nazionali per la loro salvaguardia e valorizzazione. Ciò nonostante, alcune soluzioni protettive durante lo scavo, l'accantonamento dei reperti in attesa di classificazione e restauro risultano ancora poco efficaci perché si avvalgono di materiali e strutture non adeguate, con il rischio di incrementare il danno dovuto principalmente all'irraggiamento solare ed alle escursioni termiche, che inducono spesso anche quelle di umidità. Nel seguito si illustrano alcune aree di studio in cui si sono rilevate le temperature raggiunte durante l'irraggiamento solare sotto le coperture provvisorie in particolare dove giacevano reperti lapidei, che ben esemplificano le condizioni che occorre mitigare per poter garantire una durevole conservazione dei reperti. Si consideri inoltre che in molti casi, le semplici tettoie che vengono installate per un primo intervento di protezione dalle piogge e dal sole diventano permanenti, sia per mancanza di risorse economiche e per la non conoscenza dei rischi che queste tettoie possono comportare.

Ad esempio, le temperature che si possono raggiungere sotto tettoie costruite in modo non appropriato sono paragonabili a quelle esterne, in condizioni di irraggiamento diretto, con l'aggravante che la ventilazione esterna naturale è il più delle volte migliore rispetto a quella sotto le protezioni.

<sup>5</sup> Ad esempio si veda il GCI, Paphos 22990-9; Terra project (1998-2005), in collaborazione con ICCROM-International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property-CRATERre; ICCROM, ICCM (International Committee for the Conservation of Mosaics), la Fondazione Getty con MOSAIKON



**FIGURA 4** OLYMPOS (TURCHIA): MOSAICO DEI TERMOGRAMMI DELLA SEPOLTURA IN MATERIALE LAPIDEO RIPARATA DALLA COPERTURA. L'IMMAGINE TERMOGRAFICA MOSTRA CHE LA PARTE SUPERIORE DELLA SEPOLTURA RAGGIUNGE TEMPERATURE INTORNO AI 36°C, SUPERIORI A QUELLE AMBIENTALI ESTERNE, NONOSTANTE LA COPERTURA NON SIA PIÙ DIRETTAMENTE IRRAGGIATA. APPARECCHIATURA TVS 700 LW, E = 0.92



**FIGURA 5** OLYMPOS (TURCHIA): TEMP. AM (FOTO DI ELISABETTA ROSINA, AGOSTO 2009)

Nel seguito, alcune immagini termografiche scattate nell'estate 2009 nei siti archeologici di Olympos ed Efes (Turchia) dimostrano che in dipendenza delle ore di irraggiamento diretto, delle condizioni locali (*in primis* la latitudine) si raggiungono temperature superficiali di oltre 60°C. La ricerca, tuttora in corso, permette di rilevare una differenza di circa 10-15°C nelle ore di massimo irraggiamento, a parità di condizioni climatiche e di materiali sottoposti a irraggiamento solare.

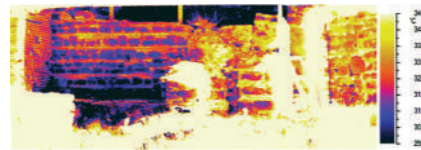
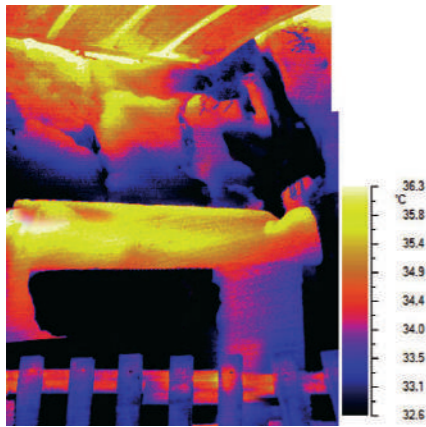
Ciò che può rappresentare un ulteriore rischio per i lapidei, rispetto a quelli elencati da Massimo Valentini nel capitolo 9, sono le differenze di temperature che si vengono a generare in poche decine di centimetri (circa 4°C tra la parte superiore e la base inquadrate in figura 7) e che possono causare dilatazioni termiche diverse all'interno dei conci di pietra e quindi stati tensionali rischiosi per possibili fratture.

Un'estensione della concezione della copertura riguarda la progettazione di protezioni atte a preservare intere aree urbane, che diventano vere e propri edifici e permettono la diretta fruizione degli scavi senza interferenza da parte dei visitatori, che esplorano l'area percorrendo passerelle sospese a pochi metri dai reperti e ritrovano nel museo adiacente gli oggetti già restaurati e tutte le informazioni necessarie alla loro comprensione ed apprezzamento. Certamente la musealizzazione delle aree archeologiche permette di risolvere in modo definitivo i problemi connessi alla conservazione e fruizione, in tutta sicurezza per i visitatori e per i reperti, e alla valorizzazione dell'intera area, creando opportunità lavorative e di crescita economica per l'intera zona di indotto. Tuttavia non sono molti i casi in cui è stato possibile raggiungere questo risultato, a

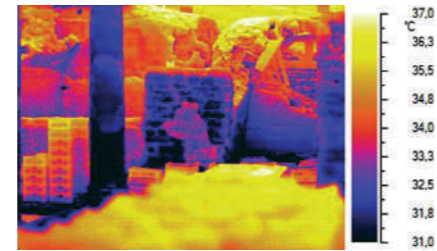




**FIGURA 6** EFES (TURCHIA); TEMP. AMB. 32°C CUR 35% H.13.00; COORDINATE: 37°56'47"N; 27°20'54"E (FOTO DI ELISABETTA ROSINA, AGOSTO 2009)



**FIGURA 8** EFES (TURCHIA): LE DIFFERENZE DI TEMPERATURA DEI RESTI DI MURATURA SOTTO LA COPERTURA E I REPERTI ESPOSTI DIRETTAMENTE ALL'IRRAGGIAMENTO SONO ELEVATE (FINO A 10-11°C), NONOSTANTE LA SEMPLICE TETTOIA SIA DI RIDOTTE DIMENSIONI E REALIZZATA CON MATERIALI NON SOFISTICATI. TUTTAVIA È DOTATA DI SISTEMA DI RACCOLTA DELLE ACQUE PIOVANE, ORIENTATA E INCLINATA IN MODO TALE DA PROTEGGERE ADEGUATAMENTE NELLE ORE DI MASSIMO IRRAGGIAMENTO. APPARECCHIATURA TVS 700 LW, E = 0.92



**FIGURA 9** EFES (TURCHIA): LA DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE APPARE CONTENUTA ENTRO UN INTERVALLO DI CIRCA 6°C, LE MAGGIORI DIFFERENZE INTERESSANO LE SUPERFICI ORIZZONTALI E QUELLE VERTICALI, SOPRATTUTTO PER QUANTO RIGUARDA I MATERIALI LAPIDEI, MENTRE MALTE E COTTO PRESENTANO UNA DISTRIBUZIONE PIÙ OMOGENEA. LA COPERTURA CONSENTE UNA VENTILAZIONE NATURALE ALL'INTERNO DEL SITO, MA PROBABILMENTE POTREBBE ESSERE INCREMENTATA LA RIFLETTANZA DELLA MEMBRANA ESTERNA. AL FINE DI SCHERMARE PIÙ EFFICACEMENTE DALL'IRRAGGIAMENTO SOPRATTUTTO LE SUPERFICI ORIZZONTALI. APPARECCHIATURA TVS 700 LW, E = 0.92



fronte delle migliaia e centinaia di casi che rappresentano il patrimonio diffuso e in cui le sinergie che si realizzano tra portatori di interesse non raggiungono una portata sufficiente per adire ai finanziamenti necessari alla progettazione, realizzazione e gestione del museo.

Pertanto, pur segnalando l'importanza delle realizzazioni più recenti citate, soprattutto per la svolta che hanno impresso sulle tendenze progettuali e per l'ineguagliabile contributo per la conservazione dei reperti, la protezione per il patrimonio diffuso presenta requisiti che difficilmente possono essere soddisfatti dalla costruzione di coperture così estese, sofisticate e costose.

Nella pagina seguente:

**FIGURA 10** EFES (TURCHIA): L'AREA DELLE *DOMUS* E *INSULAE* (*TERRACE HOUSES*) LUNGO IL PENDIO DELLA COLLINA SOTTO LA COPERTURA [17]

**FIGURA 11** EFES (TURCHIA): DETTAGLIO DELLA ZONA *INSULARE*, TEMP. AMB. 35%, ORE 14,30





**FIGURA 12** SANTORINI (GRECIA): AREA ARCHEOLOGICA DI AKROTIRI. LA COPERTURA DELL'AREA DI THERA COPRE PIÙ DI 11000 MQ, IN ZONA AD ELEVATO RISCHIO SISMICO ED IN UN CONTESTO AMBIENTALE SFIDANTE PER LA PRESENZA DEL MARE. RAPPRESENTA IN MODO ESEMPLARE LA TENDENZA ATTUALE DI PRESERVARE INTERE AREE, PIUTTOSTO CHE OGGETTI SINGOLI O ESEMPLI. NONOSTANTE L'UTILIZZO DI AGGIORNATE TECNICHE COSTRUTTIVE SOSTENIBILI [18] PER SFRUTTARE AL MEGLIO LE CONDIZIONI CLIMATICHE ESISTENTI AL FINE DI GARANTIRE L'OTTIMALE CONSERVAZIONE E FRUIBILITÀ DELLA CITTÀ DI THERA, LE DIMENSIONI, PROFONDITÀ DEL PIANO DI APPOGGIO E ANCORAGGI DELLA STRUTTURA PORTANTE APRONO INTERROGATIVI SULLA OPPORTUNITÀ DI COMPIERE LE NECESSARIE OPERAZIONI DI SCAVO E DI TRASPORTO/ASSEMBLAGGIO DI MATERIALI INGOMBRANTI E PESANTI SU DI UN'AREA ARCHEOLOGICA COSÌ VASTA, ANCORA OGGETTO DI STUDIO

**FIGURE 13-14** SANTORINI (GRECIA): AREA DI AKROTIRI, UN DETTAGLIO DEL PILASTRO, LE CUI FONDAZIONI RIMANGONO ISPEZIONABILI MEDIANTE POZZI. IL PIANO DI FONDAZIONE, DOVE È INSTALLATO UN DISSIPATORE DI ENERGIA, SI TROVA A DIVERSI METRI SOTTO IL PIANO PORTATO ALLA LUCE DELLO SCAVO.



## 9.2. ESPERIENZE DI COPERTURE TESSILI IN AREE ARCHEOLOGICHE PER LA CONSERVAZIONE DEI REPERTI, UNA PROSPETTIVA PER LE FUTURE APPLICAZIONI

Come visto nel paragrafo precedente, alcuni effetti del clima agiscono come trigger per il degrado sui materiali dei reperti archeologici, in particolare sugli elementi lapidei naturali e artificiali. La sperimentazione tuttora in corso in Sardegna su incarico della Soprintendenza dei Beni Archeologici ha permesso di ottenere significativi risultati per l'identificazione dei requisiti e per la scelta di soluzioni che possano essere adottate sia temporaneamente sia definitivamente, e che soprattutto possano essere realizzate su terreni archeologici non ancora completamente scavati, con soluzioni ergonomiche e cantieristiche di basso impatto.

Nell'ambito di una ricerca finanziata dalla Soprintendenza per la protezione dei beni archeologici nelle province di Cagliari e Oristano, il laboratorio sperimentale Mobile del dipartimento ABC del Politecnico di Milano ha approntato una campagna di studi per verificare su quattro aree campione le condizioni climatiche, le loro variazioni, e i rischi che questi comportavano per la conservazione di reperti archeologici di diversa natura. Sulla base della letteratura scientifica e sulle esperienze già pubblicate da altri enti di ricerca [19] si è messa a punto una metodologia di indagini e monitoraggi che ha il vantaggio di essere applicabile in tutte le condizioni ambientali, fornire dati anche in remoto, essere facilmente implementabile per particolari esigenze del sito o del clima, e di essere poco costosa pur registrando dati affidabili e precisi, secondo protocolli, predisposti in laboratorio, rigorosi ma modificabili in situ per eventuali necessità particolari. Tale metodologia ha trovato parziale applicazione anche sull'area di Nemi, come descritto da Massimo Valentini in questo volume.



**FIGURA 15** VILLA SPECIOSA (CA): AREA ARCHEOLOGICA DI SAN CROMAZIO, COPERTURA (CREDITI ILMULINO DEL TEMPO.BLOGSPOT.COM)



**FIGURA 16** CAGLIARI: NECROPOLI DI SAN SATURNINO, VISTA DI UN LATO DELLA NUOVA COPERTURA E DI UNA DELLE VECCHIE TETTOIE IN CORSO DI ELIMINAZIONE (FOTO DI ELISABETTA ROSINA, MAGGIO 2015)

**FIGURA 17** MONTE (OR): IL TEMPIO NURAGICO, COPERTURA IN CANNE DI LAGO E STRUTTURA IN ACCIAIO (FOTO DELL'ING. EVA PATHE, MARZO 2009)



Le aree di studio in Sardegna sono state quattro, scelte per le diverse collocazioni geografiche e contesti (naturali e antropici): dal contesto urbano a quello costiero, dalla campagna nell'entroterra ai pendii delle colline che circondano il lago Omodeo. Su tutte esistevano già coperture installate, sia recentemente sia nei precedenti 10-15 anni. Alcune di queste erano già definitive, altre provvisorie, altre ancora sostituivano le provvisorie ma non erano ancora considerate definitive.

I reperti conservati erano di differenti tipologie (murature in materiali lapidei, intonaci decorati, mosaici) e stato di conservazione.

Un ventaglio quindi di situazioni, condizioni ambientali, necessità che hanno permesso di testare le procedure di prova e di giungere in tutti i casi a fornire indicazioni utili per migliorare le coperture esistenti, quando non addirittura offrire una consulenza alla progettazione per realizzare strutture innovative che meglio garantissero la conservazione.

### 9.2.1. Presentazione dei casi di studio

San Cromazio (Figura 15) è un insediamento d'origine tardo-imperale. L'area archeologica ha una superficie di 2800 mq, di cui 270 mq (mosaici policromi con piccole tessere e due sepolture) sono protetti da una tettoia realizzata nel 2007. Si tratta di una struttura tradizionale, con pilastri in acciaio, capriate in legno lamellare, assito ligneo, guaina impermeabile e manto in tegole alla portoghese.

L'attuale copertura, dotata di sistema di smaltimento delle acque e di allontanamento dei volatili, è da considerarsi definitiva. Pertanto, le osservazioni che sono state redatte sulla base del monitoraggio sono state finalizzate soprattutto alla verifica, ottimizzazione delle prestazioni e alla manutenzione, più che alla progettazione come avviene per gli altri casi di studio.

San Saturnino (Figura 16) è una necropoli suburbana di origini tardo-repubblicane o primo-imperiali, la cui area scavata occupa circa 1500 mq del sedime di una Basilica di 1880 mq, di cui 1050 esterni. La ricerca è stata effettuata nel 2010 per la verifica degli effetti che le tettoie, realizzate negli anni '90, avessero sui reperti e per provvedere alla consulenza sulla progettazione delle nuove e definitive coperture.

Il monitoraggio è avvenuto quindi mentre le precedenti coperture erano installate, e i dati ricavati sono stati utili per affiancare la progettazione della copertura definitiva, per valutarne gli effetti mediante modellazione numerica CFD e proporre soluzioni migliorative per la conservazione dei reperti.

Su Monte (Figura 17) è un complesso culturale nuragico, gli scavi occupano circa 12000 mq, di cui 300 sono protetti da una tettoia realizzata nel 2008 che copre il tempio. I resti del tempio sono due/tre corsi di isodomi sovrapposti di trachite che recitano due vani: un ingresso a pianta trapezoidale e un vano circolare con tre nicchie e altare centrale. L'attuale copertura, è da considerarsi provvisoria, benché predisposta con una certa accuratezza per consentirne l'efficienza per un periodo certamente non breve, pertanto le osservazioni redatte sono finalizzate soprattutto alla predisposizione del progetto esecutivo della copertura definitiva, in corso di progettazione da parte della Soprintendenza. In vista della nuova realizzazione, si è anche messo a punto un prototipo che è stato testato *in situ*, oltre che in laboratorio, e che ha fornito utili indicazioni per determinare la forma e per scegliere i materiali con cui costruire la nuova protezione [20].





**FIGURA 18** NORA (CA): VISTA DELL'AREA ARCHEOLOGICA E DELLA PICCOLA TETTOIA ESISTENTE (RICHIESTA AUTORIZZAZIONE ALLA SOPRINTENDENZA DI CAGLIARI)

Nora (Figura 19) è una città romana costiera di origine fenicio-punica, gli scavi occupano circa 109.200 mq circa di cui 50 circa (una cisterna e i resti di murature decorate di un'abitazione) sono protetti da una tettoia realizzata nel 2002, la struttura una maglia regolare, costituita da scatolari metallici con un interasse di 5 m, ancorati da plinti in cemento che poggiano all'esterno dei vani. La copertura, ad un solo spiovente ed è realizzata in tessuto. Le travi principali e secondarie sono reticolari. Non è presente alcun sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche né di protezione dai volatili. Inoltre, il comune sta predisponendo una nuova copertura sui mosaici della casa dell'atrio tetrastilo (Figura 20), la cui progettazione ha tenuto in considerazione alcuni dei requisiti che la ricerca in corso ha suggerito.



**FIGURA 19** NORA (CA): CASA DELL'ATRIO TETRASTILO. L'AREA SU CUI VERRÀ COSTRUITA LA NUOVA TETTOIA (FOTO DI ELENA ROMOLI, NOVEMBRE 2007)

Nella pagina seguente:

**FIGURA 20** NORA (CA): DETTAGLIO DI UNO DEI MOSAICI DELLA CASA DELL'ATRIO TETRASTILO PRIMA DEI PIÙ RECENTI RESTAURI (FOTO DI ELENA ROMOLI, NOVEMBRE 2007)



### 9.2.2. Indicazioni sul microclima e sugli effetti delle attuali coperture

I monitoraggi microclimatici condotti dal 2005 al 2014 sotto e in prossimità delle quattro tettoie hanno fornito i seguenti risultati [5, 20]:

- I picchi di temperatura delle superfici dei reperti sono dovuti soprattutto all'irraggiamento solare e alla radiazione riflessa, in tutte le stagioni si raggiungono valori  $>40^{\circ}\text{C}$  per le superfici esposte all'irraggiamento diretto, mentre sotto le tettoie le temperature sono inferiori anche di  $20-35^{\circ}\text{C}$ , in dipendenza dell'orientamento e quindi della componente di radiazione obliqua che raggiunge le pareti che risultano non schermate verticalmente);
- L'umidità ambientale è molto elevata (oltre il 70%) durante la notte in tutte le aree, e si osservano brusche diminuzioni nel corso delle giornate soleggiate, fino al 50% di variazione nel corso delle prime ore dopo l'alba.

Nonostante le differenze dei casi di studio, è possibile trarre alcune osservazioni sulla funzionalità delle coperture e sulla loro possibile incidenza sul degrado dei manufatti paragonando il variare della temperatura e umidità che si verifica sotto e fuori le tettoie: le temperature minime dell'aria risultano le medesime in estate, mentre le massime sono lievemente inferiori sotto la copertura definitiva di San Cromazio.

Per quel che riguarda l'estensione dell'area di maggior protezione, tutte le coperture presentano un'area di minima efficienza in prossimità del bordo, in cui si rilevano le variazioni più ampie e frequenti: l'ampiezza di questa fascia dipende sia dall'altezza della copertura, sia dalla sua sporgenza rispetto alla superficie da proteggere, e dall'inclinazione delle falde rispetto alla direzione più obliqua dell'irraggiamento solare (alla sera e alla mattina). I gradienti che si misurano durante le condizioni di transitorio termico sono minori sotto le coperture: le temperature sia dell'aria sia delle superfici sono più elevate durante la notte (tranne a Nora, e quindi qui nei mesi invernali si rileva un minor rischio di condensazione rispetto a quanto avviene all'esterno).



Le coperture influiscono invece poco significativamente sui gradienti di UR. Le brusche, ampie e rapide variazioni di UR sono un fattore di elevato rischio per la conservazione delle superfici dei materiali lapidei naturali e artificiali, che a causa della crescita di efflorescenze saline incorrono in degradi via via più gravi.

Nell'area di San Saturnino si rileva inoltre una scarsa ventilazione naturale per la posizione (in centro città), la conformazione del terreno e sito, la presenza della chiesa e di un alto muro perimetrale che scherma i reperti anche dai venti ricorrenti. In questo caso si è provveduto a redigere le opportune specifiche per migliorare il progetto delle nuove coperture, poi realizzate.

### 9.2.3. *Learned lessons*: indicazioni per la progettazione di nuove coperture in aree archeologiche

Dalle esperienze condotte sulle aree di studio, i requisiti prestazionali che derivano dalle necessità di conservazione e che sono risultati comuni a tutte le coperture sono i seguenti:

- Evitare interferenze tra i nuovi appoggi e le preesistenze antiche, limitandone l'estensione e soprattutto lo scavo fondazionale, la cui posizione viene determinata dalla presenza dei resti delle murature e dei reperti. Ridurre al minimo il contatto fisico tra gli elementi della nuova struttura e gli antichi manufatti. Le soluzioni migliori prevedono che gli appoggi possono essere realizzati senza scavo, con murature a secco removibili, da assemblare in cantiere anche con materiale locale;
- Reversibilità di tutti i dispositivi, specialmente negli appoggi e negli ancoraggi. Particolare attenzione va prestata anche ad evitare il contatto con parti metalliche di supporto e materiali lapidei, perché eventuale corrosione del metallo o anche solo la condensazione di elevati tenori di UR possono arrecare danno ai materiali da proteggere;
- Massima protezione dai rischi ambientali, inclusi fulmini, incursioni di animali, vandalismi, in concomitanza delle azioni manutentive e di protezione che debbono essere messe a punto per evitare l'intrusione nell'area;
- Protezione del sito da agenti atmosferici tipici del clima locale che possano causare danno come pioggia, irraggiamento solare diretto, vento, ecc.;
- Garantire un microclima favorevole alla conservazione dei reperti mediante la regolazione del passaggio di aria e luce in ogni stagione;
- Eliminare l'irraggiamento diretto della luce solare laterale con protezioni verticali removibili sui lati est e sud ovest, se l'area non risulta schermata dalla presenza di vegetazione o altre costruzioni, o per la pendenza del suolo;
- Raccolta delle acque meteoriche dal piano di copertura al piede della struttura e allontanamento delle acque dal sito protetto.

Inoltre, dai casi studiati, emergono spunti progettuali che sono legati alla necessità, anche economica, di poter modificare la coperture e la sua localizzazione per mutate esigenze di scavo, ricerca, restauro, conservazione<sup>6</sup>. Infatti, le possibilità di continuare gli scavi, soprattutto su di un'area estesa come quella di Nora, dipendono da molti fattori, non ultimi i finanziamenti che devono essere reperiti e quindi possono esserci molte variazioni dopo che si è stabilito di coprire una parte dell'area, ma magari gli scavi continuano in altre zone, anche per diversi anni. Pertanto una struttura flessibile e modulare può essere una soluzione interessante, poiché permette di modulare gli elementi strutturali per renderli adattabili ad eventuali ampliamenti e rende possibile variare il modulo base della struttura, con la disposizione di eventuali punti di appoggio al di fuori della rigida maglia.

Infine, altri fattori sono da considerare, e che riguardano la sostenibilità della copertura in tutte le fasi (dalla progettazione, alla realizzazione, alla sua manutenzione) e che, se rispettati, definiscono la sostenibilità delle scelte progettuali:

- Il sistema di protezione deve consentire il trasporto dei vari componenti con piccoli mezzi e essere montabile in tempi brevi e senza particolari difficoltà;

<sup>6</sup> Altri requisiti sono condivisi da molti addetti ai lavori, e si richiamano in nota quelli maggiormente incidono sugli aspetti di fruibilità, come la sicurezza per i fruitori ed i reperti e stabilità della struttura. Scelta di materiali adeguati per resistenza, peso specifico e durabilità; la scelta di materiali ad elevata capacità isolante che permettano di garantire un microclima ottimale per la conservazione e la compatibilità con i materiali protetti; l'Illuminazione naturale sufficiente per la fruizione diurna dei reperti sotto copertura.

- Scelta di soluzioni a basso costo, ma adeguate agli standard richiesti, estendibili anche su grandi aree archeologiche,
- Possibilità di recuperare e riutilizzare gli elementi costituenti la copertura in caso di smontaggio e rimontaggio presso un altro sito archeologico;
- Facilità di manutenzione: sostituibilità di tutti gli elementi deteriorabili, possibilità di eseguire facilmente trattamenti manutentivi per prevenire degrado e alterazioni.

La ricerca condotta e tuttora in corso, di cui si riferisce in [21-23], ha considerato le alternative di coperture realizzate con profili in pultruso fibrorinforzato (GFRP) e due differenti strati di membrane tessili di poliestere e rivestimento in pvc, di cui quello inferiore consente la tenuta all'acqua e quello superiore garantisce l'elevata riflettanza dell'irraggiamento solare, in modo da diminuire sostanzialmente la temperatura dello strato interno, permettendo di mantenere la temperatura richiesta sia sulle superfici dei reperti sia nell'aria sotto le tettoie. I vantaggi in termini di escursione termica giornaliera e stagionale sono notevoli e sono stati studiati nella precedente sperimentazione a Su Monte [20]. I risultati delle sperimentazioni condotte presso il laboratorio Textiles Hub<sup>7</sup> sulle strutture e sui tessili sono stati significativi per la messa a punto dei dettagli di connessione che ne facilitino l'installazione e la rimozione, in uno scenario d'uso stagionale [24, 25].

Infine, la ricerca ha condotto anche test di invecchiamento naturale sui tessili, che hanno portato a valutare la parziale perdita delle proprietà di riflettanza ed assorbimento [26]. La sperimentazione, tuttora in corso, sembra abbia messo in luce un legame prioritario della perdita delle caratteristiche di riflettanza ed il deposito di particellato, ma un'ulteriore avanzamento, già in programma, permetterà di verificare se a causa dell'invecchiamento altre caratteristiche fisiche possono essere mutate, come ad esempio la resistenza alla trazione ed allo stress meccanico.

## 9.3. CONCLUSIONI

Alcune considerazioni finali possono essere tratte da quanto presentato nel capitolo: innanzitutto l'approccio multidisciplinare si è dimostrato vincente e si può ritenere una prassi di lavoro in molte delle progettazioni di coperture, provvisorie e non, in aree archeologiche. Tuttavia ancora molto deve essere fatto nell'ambito della condivisione degli obiettivi e nelle procedure di decision maker nel design e nella scelta dei materiali che debbono essere impiegati per le coperture. Dalle esperienze condotte sui casi di studio è emerso come il ruolo del monitoraggio e delle misure in cantiere non sia a volte ben compreso e valorizzato in fase di ideazione e progettazione, ma sia considerato come surriettizio a scelte e impostazioni ancora dominate da criteri non conservativi.

Pertanto, il ruolo delle università, degli istituti di ricerca e degli enti preposti alla tutela diventa fondamentale sia per la formazione di specialisti e addetti ai lavori che sappiano apprezzare e trarre spunto dal rapporto sinergico con scienziati e tecnici, sia per guidare le scelte progettuali anche di professionisti già formati al fine di favorire e sviluppare sempre più un confronto serrato, già in fase di ideazione all'interno del team multidisciplinare. Molto rimane da fare anche nel campo delle misure, e della stesura di protocolli di indagine che possano essere utilmente applicati in campo.

Il processo di condivisione e standardizzazione dei protocolli di misura e monitoraggio richiede anche la capacità di collaborare delle principali reti di eccellenza degli enti di ricerca, che in molti casi presentano esempi virtuose di collaborazione su alcuni casi o argomenti specifici di interesse prioritario, ma non rappresentano ancora sicuri e consolidati riferimenti per tutti gli operatori del settore.

Nonostante queste criticità, la sempre maggior consapevolezza dell'importanza e del potenziale del nostro patrimonio è un fattore vincente per poter immaginare in un futuro prossimo la possibilità di ottimizzare le risorse di svilupparne di locali in azioni di protezione e valorizzazione anche per il patrimonio diffuso e meno conosciuto.

<sup>7</sup> <http://www.polimi.it/en/scientific-research/research-structures/interdepartmental-laboratories/textiles-hub-interdepartmental-textiles-and-polymers-research-laboratory/>

## Note biblio-sitografiche

[1] SHPO, (2004)

*Position on Burial-in-Place Treatment for Archaeological Sites*, Arizona, SHPO.

[2] J. ASHURST, (2007)

*Conservation of ruins*, Oxford, Elsevier/Butterworth-Heinemann.

[3]

www.coe.int/it/web/conventions, *European Convention on the Protection of Archaeological Heritage* (1969) e successivi aggiornamenti (1992).

[4] ICOMOS, (1990)

*International charter for Archaeological Heritage Management*.

[5] E. ROMOLI, A. ZANELLI, E. ROSINA, E. ROTTA, (2013)

“Il monitoraggio delle aree archeologiche per l’ottimizzazione del progetto delle coperture”, in *Conservazione e valorizzazione dei siti archeologici: approcci scientifici e problemi di metodo*, atti del XIX convegno scienza e beni culturali, Bressanone 2013, Arcadia ricerche, Padova, pp. 629-640.

[6] G. KARABALIS, (2015)

*The three aisled Early Christian basilica of Hermione*, ICCM Newsletter 14, Jan., Nicosia-Cyprus, p. 5.

[7]

http://MAE\_testi\_ITA

[8] Z. ASLAN, (1997)

“Protective structure for the conservation and presentation of Archaeological sites”, in DOI: <http://doi.org/10.5334/jcms.3974>

[9] AA. VV., (2001)

*Protective shelters for archaeological sites in the southwest USA*, Proceedings of the conference, US NPS, US ICOMOS, The Getty conservation Institute, Tumacaori- AR (USA); *Conservation and Management of Archaeological Sites. Special Issue on Protective Shelters*, 1-2, 5.

[10] M. DEMAS, (2003)

“Annotated bibliography on protective shelters for archaeological sites”, in *Conservation and Management of Archaeological sites*, 1-2, 5, pp. 91-105; [https://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/pdf\\_publications/pdf/archaeology\\_bib.pdf](https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/archaeology_bib.pdf)

[11] E. TOMAT, M. ZERBI, (A.A. 2010-2011)

*Proteggere con leggerezza. Progetto di un sistema di copertura temporaneo, adattabile e reversibile per il sito archeologico di Nora*, tesi di laurea magistrale, Politecnico di Milano.

[12] A.I. ERTOSUN, (2012)

*Evaluation of protective structures in archaeological sites for in situ*

*conservation of architectural remains and artifacts*, graduation thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

[13] AA. VV.

*Guidelines for planning shelter for archaeological sites with mosaics* (www.icom.ac.cy/index.php?link=abstract?php)

[14] M. DE LA TORRE (A CURA DI), (1997)

*The Conservation of Archaeological Sites in the Mediterranean Region* (Proceedings of an International Conference organized by the Getty Conservation Institute and the J. Paul Getty Museum, May 1995), The Getty Conservation Institute, Los Angeles, pp. 51–59.

[15] M.C. LAURENTI (A CURA DI) (2006)

*Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Istituto Centrale del Restauro, Gangemi editore, Roma.

[16] N. STANLEY PRICE, (1995)

*Conservation on Archaeological Excavations with particular Reference to the Mediterranean Area*, II ed., ICCROM, Roma.

[17] G. WIPLINGER, (1990)

“Restaurierungsprojekte in Ephesos”, in *Echo. festschrift für Johannes B. Trentini*, Innsbruck: Universität Innsbruck.

[18] C.G. DOUMAS, (2013)

“Managing the Archaeological Heritage: The Case of Akrotiri, Thera (Santorini)”, in *Conservation and Management of Archaeological Sites*, 15, 1 (Feb.), pp. 109-120, DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1350503313Z.00000000050>.

[19] M. CITTERIO, E. GIANI, (2006)

“Clima e microclima”, in *Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, a cura di M.C. Laurenti, Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Istituto Centrale del Restauro, Gangemi editore, Roma, pp 159-175.

[20] E. ROSINA, E. ROMOLI, (2010)

“La prevenzione del degrado in aree archeologiche: piani di manutenzione, coperture e monitoraggio. Il caso di studio di Su Monte a Sorradile (OR)”, in *Pensare la prevenzione. Manufatti, usi, ambienti*, XXVI Convegno internazionale di scienza e restauro, Arcadia ricerche, Venezia, pp. 735-744.

[21] E. ROSINA, A. ZANELLI, P. BECCARELLI, M. GARGANO, E. ROMOLI, (2011)

“New procedures and materials for improving protection of archaeological areas”, in *Materials Evaluation*, 69, 8, 2011, ASNT ed., Columbus-OH (USA), pp. 979-989.

[22] A. ZANELLI, (2015)

“Architectural fabric structures in refurbishment of archaeological and cultural heritage areas”, in *Fabric structures in architecture*, edited by

J.I. de Llorens Duran, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 481-527, DOI:10.1016/B978-1-78242-233-4.00015-2.

[23] A. ZANELLI, L. SPINELLI, C. MONTICELLI, P. PEDRALI (A CURA DI), (2016)

“Designing with Lightness”, in *Lightweight Landscape-Enhancing Design through Minimal Mass Structures*, Polimi Springer Briefs, Cambridge, pp. 3-18, DOI:10.1007/978-3-319-21665-2.

[24] G. CARRA, A. ZANELLI, P. BECCARELLI, R. MAFFEI, (2012)

“Time Dependent Behaviour Of GFRP Pultruded Profiles And Polyester PVC Coated Fabric For Building Composite Active Tensile Structures”, in *ECCM15-15 The European Conference on composite materials*, ECCM15, Venice, 24-28 June , pp.1-8.

[25] M. BAROZZI, S. VISCUSO, A. ZANELLI, (2015)

“Design novel covering system for archaeological areas”, in *Proceedings of the VII International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures*, edited by E. Oñate, Bernd Kröplin, Kai-Uwe Bletzinger, Barcelona, 19-21 Oct., CIMNE, Barcelona, pp.105-114.

[26] M. GARGANO, N. LUDWIG, E. ROSINA, (2015)

“Non destructive characterization of thermal and optical properties on high performances textile”, *Proceedings of 13th International workshop on Advanced Infrared Technology& Applications*, 29 Sept.-2 Oct. 2015, edited by L. Ronchi, P. Bison, M. D’Acunto, D. Moroni, V. Raimondi, O. Salvetti, X. Maldague, A. Rogalski, T. Sakagami, M. Strojnik, CNR-IFAC, CNR-IST, Pisa, pp. 304-307.



**NORA LOMBARDINI** Docente presso il Politecnico di Milano. Ha insegnato restauro architettonico e caratteri costruttivi dell'edilizia storica presso gli atenei di Parma, Firenze e lo IUAV di Venezia.

La sua ricerca è incentrata sulla teoria e storia del restauro e sull'analisi del comportamento strutturale degli edifici antichi. In particolare si occupa dello studio delle strutture dei periodi cosiddetti Tardo-Romano e Bizantino. Ha collaborato con l'Università di Tsukuba (leader) e l'Università di Firenze nello studio della basilica di Santa Sofia a Istanbul. È coinvolta in progetti Nazionali e Europei (*Tempus, Erasmus mundus, Erasmus plus, HERA*) per la formazione a livello universitario e per lo sviluppo di buone prassi nella conservazione del patrimonio culturale e naturale.

Ha svolto workshop in Italia, presso l'area archeologica del tempio di Diana a Nemi, ma anche in Ucraina (Chersonese - Crimea), Bulgaria (Durankulak) e Cina (presso l'Università Jiangnan University di Wuxi), collaborando con le strutture scientifiche locali.

Sul tema dell'area archeologica del Santuario di Diana a Nemi, ha pubblicato: "Il recupero delle navi di Nemi: umanesimo e scienza a confronto" in: G. Ucelli/D. Lini, N. Lombardini, *Le navi ritrovate. I testi e le immagini del recupero delle navi romane di Nemi*, vol. 2, Lampi di Stampa, Milano, 2011, pp. 21-49; (con C. Achille e F. Fassi) "Training a research. The study for protecting the archaeological area of the Sanctuary of Diana beside the Nemi Lake", in: *COST The safeguard of cultural heritage. A challenge from the past for the Europe of tomorrow*, 11-13 luglio 2011, Florence University Press, Firenze, 2011, pp. 301-303; (con C. Achille e M. Valentini) "Aree archeologiche e sistemi di protezione: modelli di valutazione di compatibilità", in: G. Biscontin, G. Driussi, *La conservazione del patrimonio architettonico all'aperto. Superfici, strutture, finiture e contesti*, Bressanone, 10-13 luglio 2012, Edizioni Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia, 2012, pp. 269-279.

€ 38,00

ISSN 978-88-98743-31-5



# PRISTINA SERVARE

COLLANA DI RESTAURO ARCHITETTONICO