



RA

restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico d'interesse archeologico
e di quello allo stato di rudere
**Rivista del Dipartimento di Architettura
dell'Università degli Studi di Firenze**

The knowledge, conservation, and valorization
of all endangered, neglected,
or ruined architectural structures.
**Journal of the Department of Architecture
University of Florence**

1 | 2014

RA

restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico d'interesse archeologico
e di quello allo stato di rudere
**Rivista del Dipartimento di Architettura
dell'Università degli Studi di Firenze**

The knowledge, conservation, and valorization
of all endangered, neglected,
or ruined architectural structures.
**Journal of the Department of Architecture
University of Florence**



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

Direttore responsabile
Saverio Mecca

Direttore scientifico
Roberto Sabelli
roberto.sabelli@unifi.it

Anno XXII n. 1/2014
Registrazione Tribunale di Firenze
n. 5313 del 15.12.2003

ISSN 1724-9686

CONSIGLIO SCIENTIFICO

Mariarosaria Barbera (SSBAR)
Giovanna Bianchi (UNISI)
Susanna Caccia Gherardini (UNIFI)
Emma Cantisani (ICVBC-CNR)
Giuseppe Alberto Centauro (UNIFI)
Michele Coppola (UNIFI)
Gaspar Muñoz Cosme (UPV-ES)
Maurizio De Vita (UNIFI)
Daniela Esposito (RM-Sapienza)
Carlo Alberto Garzonio (UNIFI)
Luca Giorgi (UNIFI)
Alberto Grimoldi (POLIMI)

Paolo Liverani (UNIFI)
Fernando Vegas López-Manzanares (UPV-ES)
Pietro Matracchi (UNIFI)
Saverio Mecca (UNIFI)
Alessandro Merlo (UNIFI)
Camilla Mileto (UPV-ES)
Lorenzo Nigro (RM-Sapienza)
Mamel Lopez Osorio (UG-ES)
Andrea Pessina (SBAT)
Roberto Sabelli (UNIFI)
Hamdan Taha (MoTA Palestina)
Guido Vannini (UNIFI)
Cristina Vidal Lorenzo (UV-ES)

Cover photo

Courtesy of Luca M. Olivieri

progetto grafico

Laboratorio
**Comunicazione
e Immagine**

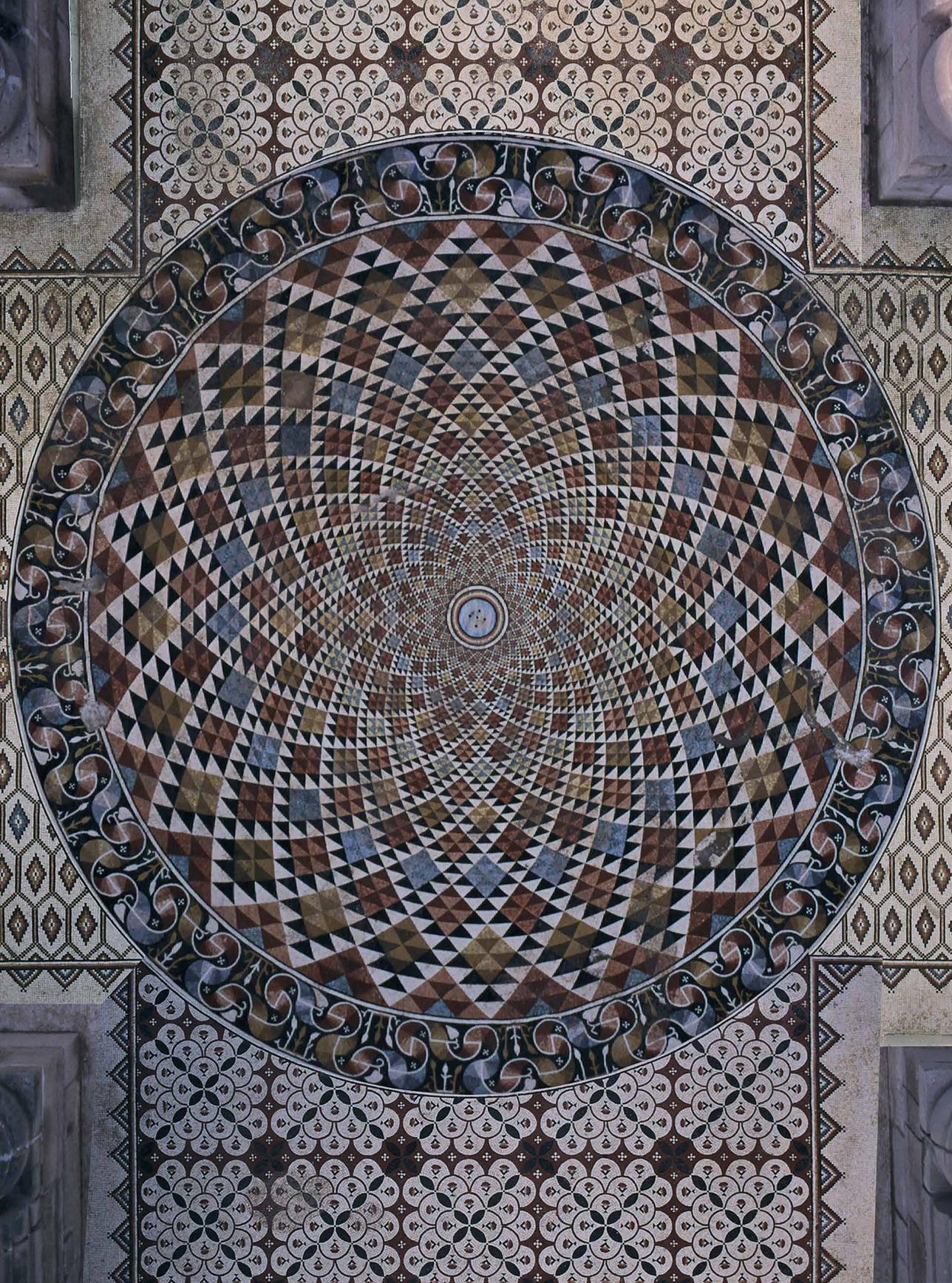
Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze

© 2014

DIDA Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 14
50121 Firenze

Indice

Presentazione	5
Problematiche conservative del patrimonio archeologico in Egitto. Casi studio nell'area di Antinoe <i>Michele Coppola</i>	11
I pavimenti romani e la loro tutela e valorizzazione: prime considerazioni sull'esperienza toscana <i>Michele Bueno, Lucrezia Cuniglio</i>	37
Restauro conservativo e mobilitazione sociale in siti archeologici della valle dello Swat (Pakistan) <i>Luca M. Olivieri</i>	57
Sacred well Sant'Anastasia, Sardinia (Pozzo Sacro Sant'Anastasia, Sardegna) <i>Borut Juvanec</i>	79
Prolegomena to the preservation of the Site of al-Wu'ayra (Petra) and to the Restoration of the North-East Tower <i>Andrea Vanni-Desideri, Mauro Sassu</i>	95
L'approccio archeologico nel restauro diffuso dell'architettura tradizionale in stato di rudere. Recupero delle matrici murarie dell'edilizia storica nel restauro post-sismico. Casi studio nel cratere aquilano <i>Giuseppe Alberto Centauro</i>	109
Diagnostico de intemperismo en la catedral de puebla <i>M. Teutli León, P. N. Madrid Báez, L. M. Tenorio Téllez, A. Sánchez Hernández</i>	125



Conoscenza, conservazione e valorizzazione del patrimonio architettonico d'interesse archeologico e di quello allo stato di rudere

The knowledge, conservation, and valorization of all endangered, neglected, or ruined architectural structures.

Presentazione
Roberto Sabelli

Con questo numero di *Restauro Archeologico* il DIDA inaugura la nuova serie della rivista il cui primo numero, edito dalla Opus libri, uscì nel 2002 come *bollettino* a cura del Gruppo di ricerca sul "restauro archeologico", *conservazione e manutenzione di edifici allo stato di rudere* (Firenze), e che, in seguito edito dall'Alinea editrice, è stato pubblicato fino al numero 3/2013. Per l'esigenza di coordinare tutte le riviste del DIDA, *Restauro Archeologico* esce da questo numero con una nuova veste editoriale.

Luigi Marino, direttore responsabile del bollettino, scrisse nell'editoriale del primo numero del 2002

Una delle difficoltà principali che si incontrano nella conservazione di manufatti edilizi "archeologici" non dipende tanto dal fatto che le strutture murarie sono state per molto tempo sotto terra quanto piuttosto dai bruschi cambiamenti delle condizioni a cui i manufatti sono stati soggetti durante lo scavo e alla variabilità delle condizioni ambientali e strutturali che i reperti edili troveranno in seguito. Ma, soprattutto, al frequente stato di abbandono in cui i ruderi verranno lasciati prima di decidere interventi che rischiano, pertanto, di essere inadeguati, se non dannosi.

Già allora si dichiarava che il restauro archeologico può comprendere, per modalità d'intervento e finalità di valorizzazione, oltre ai manufatti riferibili all'antichità, anche tutti i manufatti che, per provenienza, condizioni di utilizzo e stato di manutenzione sono ridotti a rudere.

È giusto, quindi, distinguere fra interventi di restauro sul patrimonio architettonico-*storico* e interventi di restauro sul patrimonio architettonico-*archeologico*?

Se si esaminano i contributi alla storia e alla teoria del restauro sin dal XVIII secolo, è evidente come inizialmente non fosse marcata alcuna distinzione fra il *restauro architettonico* e il *restauro archeologico*.

Solo verso la metà del secolo scorso si è sviluppata una sensibilità culturale per il patrimonio archeologico, tale da indurre gli studiosi a considerare gli

pagina a fronte

Khirbet
al-Mafjar
(Hisham
Palace)
a Gerico
(Palestina)

interventi conservativi su questo peculiari e caratterizzanti rispetto al restauro architettonico, benché collocabili sempre all'interno della più generale disciplina del restauro.

La differenziazione fra i due ambiti della stessa disciplina rileva, pertanto, le diverse finalità che sono date alle azioni che caratterizzano maggiormente gli interventi di conservazione rispetto a quelli più generali di restauro.

Negli ultimi anni si è cercato di chiarire il significato che ciascuno dei due complementi di specificazione del termine restauro sottende, e di stabilire quali metodologie d'intervento sono riferibili all'uno e all'altro.

La ricerca di una corretta applicazione delle due specificazioni ha, di conseguenza, determinato una maggiore attenzione sui diversi obiettivi che si pone un intervento di conservazione rispetto a un intervento di restauro: generalmente l'azione conservativa si fa riferire all'intervento sul bene architettonico d'interesse archeologico, quella restaurativa, invece, all'intervento sul bene architettonico d'interesse storico.

L'intervento di restauro, si connota per la possibilità del mantenimento o del ripristino in uso del bene, l'intervento di conservazione tende, per lo più, a consentire il mantenimento nel tempo della condizione in cui il bene è a noi pervenuto, e non è esclusivo di manufatti di un preciso ambito cronologico.

In questo senso il termine *rudere* assume un particolare significato poiché prescinde dall'attribuzione cronologica del bene.

Ad esempio, sugli edifici in disuso o in rovina di epoca moderna si potrà intervenire con procedure simili a quelle utilizzate per le testimonianze di epoca antica, con la principale finalità di conservarne la memoria: è il caso, ad esempio, dell'archeologia industriale.

Parallelamente, ci sono edifici di epoca antica, o parti di essi, che sono inglobati in architetture moderne, partecipando attivamente alla funzionalità dell'intero organismo: in numerosi edifici delle nostre città storiche, singole loro parti, anche se di epoche assai distanti fra loro, spesso concorrono a definire le trasformazioni storiche di architetture tuttora in uso (pluristratificazioni).

Pertanto, un intervento può essere definibile di restauro archeologico più per le metodologie e le tecniche adottate, e per le finalità imposte, piuttosto che per la collocazione del bene su cui si interviene in un ambito temporale che generalmente si fa riferire all'età antica.

Il Bollettino di Restauro Archeologico, in oltre dieci anni di vita, è stato uno dei pochi luoghi di confronto sempre attento all'evoluzione di quest'ambi-

to della disciplina del restauro, una finestra sempre aperta sul panorama specialistico italiano e internazionale.

La nuova rivista «Restauro Archeologico», in continuità con il vecchio bollettino, mira a una sua maggiore diffusione e offre la possibilità di ospitare contributi più ampi.

Grande attenzione sarà anche data alla multidisciplinarietà, propria della pratica del restauro, in particolare all'avanzamento della conoscenza e ai progressi metodologici e tecnici, non trascurando l'importanza delle pratiche manutentive e delle azioni di valorizzazione e divulgazione.

La nuova rivista ambisce a essere un punto di osservazione specializzato sugli innumerevoli contesti geopolitici e culturali, ricchezza nella diversità, del nostro mondo.

With this issue of *Archeological Restoration*, DIDA inaugurates the new series of the journal. The first volume was published by Opus Libri in 2002 as a *bulletin* issued by the *Research Group on "Archeological Restoration", Conservation and Maintenance of Ruined Architectural Structures* (Florence), followed by two additional issues published by Alinea editing house, up to and including number 3/2013.

Due to the need for coordinating all journals edited by DIDA, *Archeological Restoration* as of this new number will be issued with a new layout and editorial format.

Luigi Marino, head editor for the bulletin, wrote in the editorial note for the first issue of 2002, that

One of the main difficulties encountered in the conservation of "archeological" remains does not depend so much on the fact that the built structures have been underground for so long, but rather on the abrupt changes in the conditions to which the structures have been subjected during excavations, as well as on the variability of environmental and structural conditions in which the archeological finds will subsequently be kept. But most of all on the frequent state of abandonment in which the ruins will remain while a decision is made regarding the interventions which, therefore, risk being inadequate, if not detrimental.

Already at the time it had been stated that archeological restoration could include, both regarding the method of intervention and the purpose of value recognition, not only those constructions related to antiquity, but also all architectural structures that, due to their origin, conditions of usage,

and state of conservation, have been reduced to ruins.

Is it therefore correct to distinguish between restoration interventions on the architectural-*historical* heritage and restoration interventions on the architectural-*archeological* heritage?

If we look at the contributions to the history and theory of restoration since the 18th century, it is evident how originally no distinction was made between *architectural restoration* and *archeological restoration*.

It was only around the mid-twentieth century that a cultural sensibility developed regarding the archeological heritage, which in turn made the experts consider specific conservation interventions on these structures, different from those relevant to architectural restoration but yet still within the limits of the more general area of restoration.

The distinction between these two branches of the same area of knowledge thus reveals the diverse purposes behind the actions that characterize conservation interventions, in contrast to those, more general, which characterize restoration interventions.

In the past few years attempts have been made to clarify the meaning of each of the two qualifying complements to the term *restoration*, and to establish which intervention methodologies are attributable to one and the other.

The search for a correct usage of the two terms has consequently determined a greater attention regarding the different objectives behind a conservation intervention in contrast to those behind a restoration intervention: generally the conservation action regards the intervention on an architectural structure of archeological interest, whereas the restoration action refers to the intervention on the architectural structure of historical interest.

The restoration intervention is characterized by the possibility of maintenance or renovation of a protected asset which is still in use, whereas the conservation intervention tends in general to the maintenance over time of the conditions in which the protected asset was found, and is not exclusive of a precise chronological period.

In this sense the term *ruin* acquires a distinctive meaning because it disregards any chronological connotation to the built structure.

For instance, interventions could be undertaken on modern buildings that are abandoned or in a state of ruin, using procedures similar to those applied to ancient structures, with the primary purpose of maintaining memory: this is the case, for example, of industrial archeology.

Concurrently, some buildings belonging to antiquity, or certain parts of

them, find themselves incorporated into modern architectural structures, actively participating in the functionality of the whole organism: in many buildings in our historic cities, single sections, often from eras far removed from each other, frequently contribute to defining the historical transformation of architectures that are still in use today (pluristratification).

Thus an intervention may be considered an archeological restoration due to the methodology and techniques used, as well as to the intended purpose, rather than for reasons regarding the chronological situation of the intervened structure, which usually relates it to antiquity.

The Archeological Restoration Bulletin, in over ten years of existence, has been one of the few places for the exchange of ideas, ever attentive to the evolution of this branch of the field of restoration, a window that is always open on the Italian and international specialized scene.

The new journal, «Archaeological Restoration», although in continuity with the old bulletin, aims at a wider circulation and offers the possibility of publishing larger contributions.

Great emphasis will be made on a multidisciplinary approach, which is characteristic of the practice of restoration, in particular regarding developments in knowledge and methodological and technical progress, without overlooking the importance of maintenance practices, as well as of actions which aim at value recognition and diffusion.

The new journal aims to offer a specialized point of view on the countless geopolitical and cultural contexts, richness in diversity, of our world.



Problematiche conservative del patrimonio archeologico in Egitto. Casi studio nell'area di Antinoe

Michele Coppola
Dipartimento di Architettura,
Università di Firenze

Abstract

The preservation of archaeological sites in Egypt offers many perspectives of research. Not always, the immense amount of archaeological studies is balanced by an adequate attention to the material preservation. An interdisciplinary group, coordinated by the University of Florence is developing a research project on materials, building technologies and decay phenomena in different archaeological sites of Middle Egypt. The city of Antinoe is a very representative case study. The complexity of technologies and materials, along with the natural and human causes of damage, create an heterogeneous overall picture of the conservation state. The monitoring of weathering parameters and phenomena, shows many critical situations quickly evolving, in addition to man-made damage which are becoming always more serious. One of the directions of research is the study of sustainable conservation solutions that aim to renew the links between the local people and their heritage.

La conoscenza e la conservazione del patrimonio archeologico in Egitto sono un territorio di studio molto vasto, frequentato da secoli. La letteratura araba di epoca medievale e quella occidentale di epoca moderna hanno gettato le basi per la nascita dell'egittologia nel XIX secolo. Tuttavia, se si escludono alcuni lungimiranti contributi di studiosi arabi come *Abd al-Latif al-Baghdadi* (1161-1231), *Al-Idrisi* (1173-1251) o *Al-Maqrizi* (1364-1442), impegnati nello studio materiale dei monumenti antichi dell'Egitto e nella difesa dalle distruzioni del loro tempo, solo a partire dalla metà del XIX secolo lo studio dei resti ha cominciato a considerare gli aspetti materiali e conservativi dei monumenti. Nel XX secolo, il quadro degli studi, pur con la consueta prevalenza dei dati testuali e formali, si è molto diversificato, con i primi approfondimenti su materiali e tecnologie. Negli ultimi venti anni, l'approccio all'architettura egiziana si è molto ridimensionato rispetto agli slanci delle generazioni precedenti. Nel variegato panorama di ricerche internazionali i tentativi di rinnovamento metodologico si limitano ancora a casi isolati. In linea generale la maggior parte dell'architettura dell'Egitto antico si ritrova oggi ad essere studiata in modo incompleto rispetto al suo potenziale di informazioni. Uno dei rischi più diffusi è la se-

pagina a fronte

Fig. 8
Erosione degli
elementi in pietra
arenaria più esposti
ai venti dominanti

pagina seguente

Fig. 3
Veduta dei resti della
città di Antinoe





pagina a fronte

Fig. 1
Situazioni critiche di conservazione nell'Area archeologica di Hermopolis (el-Ashmunein). Puntellamento di alcune colonne della basilica (a sinistra). Risultati devastanti dell'eliminazione della vegetazione infestante, regolarmente incendiata (immagini a destra)

Fig. 2
Mappa dell'Egitto con le principali località indagate

pagina seguente

Fig. 4
Le abitazioni del villaggio di el-Sheik' Abadah, a ridosso dell'area archeologica di Antinoe

lezione delle informazioni da preservare e documentare, con la consueta focalizzazione sui caratteri epigrafici, formali e figurativi. Poca attenzione è rivolta alla quarta dimensione, intesa come comprensione tecnologica delle fasi di realizzazione, trasformazione e degrado nel tempo. L'archeologia del costruito ha pochissimo spazio nelle ricerche in Egitto e l'indagine architettonica spesso si limita alla sola documentazione di resti. Le ricerche sui materiali da costruzione (pietra, malte, strati pittorici, ecc) hanno avuto un incremento notevole negli ultimi decenni, includendo sempre più spesso lo studio dei fenomeni degenerativi e lo sviluppo di procedure e materiali per il restauro. Sembra tuttavia prevalere in modo marcato la caratterizzazione e l'esclusività dei risultati. Le ricerche sul problema della perdita costante di informazioni dovuta al degrado appaiono comunque insufficienti in rapporto alla rapidità con cui i fenomeni si evolvono. Si potrebbe affermare che lo stato delle ricerche in Egitto è in ritardo rispetto alle linee metodologiche di altri contesti, specialmente europei, in cui si afferma sempre di più la tendenza ad approfondire gli aspetti conservativi dei materiali all'aperto. Lo stesso ritardo riguarda i temi della sostenibilità, molto presente nel dibattito attuale, ma scarsamente inserita nelle politiche conservative dell'Egitto.

Il problema. Caratteri generali

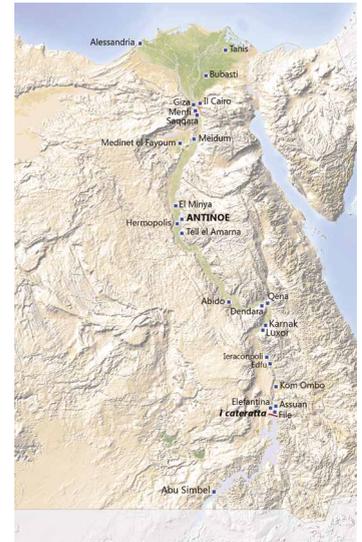
Nel complesso scenario archeologico egiziano sono molto numerose le architetture il cui stato di conservazione è allarmante. I manufatti all'aperto presentano senza dubbio le caratteristiche di maggiore criticità, ma segnali preoccupanti si registrano anche nell'enorme patrimonio di ambienti ipogei (tombe, siti rupestri). Azioni antropiche non controllate e agenti naturali inducono una rapida degenerazione dei materiali, sorprendente perfino in località molto conosciute (Fig. 1). Le decorazioni architettoniche, elemento centrale (e certamente non esclusivo) dei contenuti culturali dei monumenti dell'Egitto, sono anche le più esposte e vulnerabili, con un alto rischio di perdita irrimediabile. Ma anche manufatti meno eccellenti soffrono problematiche conservative di uguale drammaticità, specialmente per la grande diffusione di terra cruda nell'edilizia antica "minore". Il rischio di perdita è ancora più consistente se ci si rivolge alle informazioni "non indirizzate", intese come stratificazioni (positive e negative), anomalie, aspetti tecnologici, tracce di lavorazione, decorazioni su elementi di recupero, ecc¹. Oltre ad essere un irrinunciabile archivio di informazioni, le stratificazioni possono costituire una risposta al comportamento diversificato di manufatti apparentemente omogenei all'azione di agenti patogeni. L'indagine sullo stato di conservazione di questi sistemi stratificati passa inevitabilmente attraverso la conoscenza della loro storia materiale. È, peraltro, sempre più inevitabile che gli interrogativi che nascono durante un'indagine architettonica possano essere risolti solo attraverso la definizione di un ambiente interdisciplinare in cui integrare metodologie diverse per ottenere risultati significativi. Con questi presupposti si è avviato da alcuni anni un programma di ricerca in collaborazione tra la Missione

¹ Un esempio molto eloquente è la perdita pressoché totale delle malte di rivestimento delle colonne del tempio di Sesebi in Sudan. I rocchi in arenaria di recupero conservano le decorazioni amarmiane, ma quasi nulle sono ormai le tracce del rivestimento elaborato per l'edificio di Seti I.



Archeologica Italiana ad Antinoe, l'Università di Firenze e il Politecnico di Milano, per focalizzare le problematiche conservative dei contesti archeologici egiziani, con particolare riferimento ai contesti del Medio e dell'Alto Egitto. Le indagini e le ricerche sono focalizzate su siti pilota (area di Antinoe) affiancati da casi studio di confronto in altre località (Hermopolis, Tuna el-Gebel, Beni-Hasan, Luxor) (Fig. 2). Le attività del gruppo di ricerca sono articolate secondo tre finalità parallele: conoscenza tecnologica dei manufatti, conoscenza del contesto (ambientale e antropico), conoscenza dei fenomeni degenerativi in atto. Si sono rese necessarie indagini diversificate e intersecabili, dalle letture stratigrafiche al repertorio epigrafico, dai monitoraggi alle analisi e sperimentazioni in laboratorio.

In linea generale e con le opportune cautele, nei siti archeologici indagati si possono schematizzare tre grandi insiemi di materiali: materiali lapidei naturali (terra cruda, pietra calcarea, rocce magmatiche, arenaria nubiana e laterizi in murature, colonne o pareti rocciose), materiali lapidei artificiali (malte di allettamento, intonaci, a base di legante gessoso o carbonatico), materiali degli strati pittorici (pigmenti naturali e artificiali, leganti organici). Le tecnologie di decorazione architettonica si possono ricondurre alla declinazione di due tipologie prevalenti: decorazione a rilievo ottenuta tramite asportazione di materiale lapideo (pietra o intonaco), decorazione pittorica di superfici piane, con la consueta preparazione del fondo (muratura, parete rocciosa, intonaci). A queste vanno incluse le azioni di taglio e integrazione dovute a epoche successive. In primo luogo, le ricognizioni e le misurazioni durante le campagne di sopralluogo sono finalizzate al rilievo







vo e allo studio dimensionale dei resti in situ e dei frammenti architettonici sparsi. In questo modo si costituisce una base per la registrazione diacronica di tutte le informazioni tecnologiche e degenerative individuate. In secondo luogo le ricerche si focalizzano su cicli di monitoraggio dei fattori ambientali e delle dinamiche evolutive dei fenomeni, attraverso la misurazione di parametri fisici (variazioni di temperatura e di irraggiamento solare, fenomeni ventosi, cicli di umidità e le loro relazioni con la perdita di materiale o con le dinamiche di formazione dei depositi superficiali). L'obiettivo è di giungere alla definizione di livelli di rischio e di vulnerabilità dovuti alle diverse velocità di evoluzione dei fenomeni, in funzione del tipo di materiale e della sua esposizione. In quest'ottica, quando possibile, è di grande utilità il confronto con documentazione grafica e fotografica precedente per la ricostruzione dell'anamnesi delle patologie.

Processi e cause di deperimento nell'area archeologica di Antinoe

Antinoe è il sito pilota su cui si sta sviluppando la ricerca. I suoi resti si trovano ai margini dell'odierno villaggio di El Sheikh 'Abadah, sviluppatosi a partire dal XIV secolo, sulla riva destra del Nilo, nel distretto di Minya (Fig. 4). Le testimonianze più significative di epoca faraonica sono costituite dal tempio ramesside e da tombe del Medio Regno sul jebel a NE. La città è nota per via della sua fondazione da parte dell'imperatore Adriano sul sito dove, nel 130 d. C., sarebbe morto il suo protetto Antinoo. Centro commerciale e amministrativo, Antinoe fu collegata al Mar Rosso dalla cosiddetta *via Hadriana* attraverso il Deserto Orientale. Durante il regno di Diocleziano fu annessa alla Tebaide divenendone capitale e continuando ad avere un ruolo essenziale nel controllo di questi territori anche dopo la conquista araba dell'Egitto intorno al 641 d. C., come sede dell'Emiro dell'Alto Egitto. Il suo declino fu graduale nei secoli successivi, fino a lasciarne un enorme ammasso di rovine, sfruttate nei secoli successivi come cave di materiali da costruzione.

L'area archeologica si estende su una superficie di circa 140 ettari, compresa tra il Nilo e le alture desertiche a Nord-Est (Fig. 3). Oltre alla città vera e propria, comprensiva delle sue necropoli, include una serie di siti circostanti: i siti monastici di Deir el-Dik e deir el-Sombat, i complessi ipogei delle cave sul jebel, l'abitato di Ansina. Il complesso insieme di resti architettonici della città conserva testimonianze stratificate di tutte le epoche di frequentazione del sito: resti monumentali del tempio ramesside precedente alla fondazione adrianea della città, resti dell'abitato di epoca classica (cinta muraria, porte, rete viaria urbana, vie porticate, piani stradali, necropoli, edifici pubblici come il teatro, le terme, un ippodromo, un arco di trionfo), strutture di epoca tardoantica (chiese, monasteri, santuari), installazioni produttive risalenti alle ultime fasi di occupazione del sito. Se si escludono i pochi studi e le descrizioni di viaggiatori tra XVII e XVIII secolo, dopo i rilievi effettuati dalla spedizione napoleonica le prime ricerche archeologiche risalgono alla fine del XIX secolo, con gli scavi di Albert Gayet. Dal 1933 le ricerche sul sito sono coordinate dalla Missione Archeo-



Fig. 5
Aspetti del contesto ambientale della valle del Nilo. Le aree desertiche sono a ridosso delle aree coltivate lungo il fiume

pagina a fronte

Fig. 6
Strutture sepolte da accumuli di sabbia nella necropoli di Tuna el-Gebel

logica Italiana, attualmente diretta dal prof. Rosario Pintaudi, per l'Istituto Papirologico "G. Vitelli" di Firenze. Gli scavi italiani degli anni '30 e degli anni '60 hanno incrementato moltissimo le conoscenze sull'area, oltre a produrre una enorme mole di documentazione. Da quasi 15 anni gli studi hanno ripreso continuità e vigore e continuano a rivelare nuovi aspetti della cultura di Antinoe e del suo sistema insediativo.

La vastità di resti rivela tutta la complessità non solo delle azioni di conservazione e tutela, ma anche di studio e di indagine. Le condizioni generali di conservazione dell'area archeologica sono caratterizzate da un'evoluzione differenziata a vari livelli di criticità. A situazioni relativamente stabili si affiancano fenomeni degenerativi in rapido e preoccupante avanzamento. I fattori che influenzano questa diversificazione sono molteplici. In primo luogo i caratteri intrinseci dei manufatti, con l'ampio repertorio di materiali e tecnologie declinate nel tempo. Un altro fattore è rappresentato dalle condizioni di esposizione: intervallo di tempo trascorso dal momento dello scavo, microclimi connessi all'orografia del terreno, alla distanza dal fiume, all'esposizione ai venti dominanti, accessibilità alla frequentazione antropica. Non va tralasciato il carattere, molto comune in Egitto, della brusca escursione igrometrica tra zone a ridosso del fiume, spesso molto umide (quasi sempre coltivate) e quelle immediatamente retrostanti, sostanzialmente desertiche (Fig. 5). Un terzo fattore è costituito dagli agenti di degrado propri, naturali e antropici, quasi sempre concomitanti: sbalzi



pagina a fronte

Fig. 7
Il fenomeno di condensa dell'umidità sulle parti in pietra di una colonna, più fredde, molto evidente nelle prime ore del mattino

termici dovuti all'intensa radiazione solare, cicli secco-umido connessi alla vicinanza del Nilo, vento dominante, ecc. Coesistono fenomeni di degrado diffuso dei materiali lapidei e dei substrati incoerenti, essenzialmente di tipo fisico-meccanico (decoesione, erosione), fenomeni di accumulo di materiale incoerente e di seppellimento delle strutture (Fig. 6), fenomeni di instabilità e dissesto degli elementi sparsi e delle strutture ancora in opera, danni puntuali da azione antropica e animale, disfacimento delle strutture murarie, materiali di alterazione o di deposito.

Pietra arenaria

Nell'area di Antinoe la presenza di arenaria nubiana è limitata sostanzialmente al tempio ramesside. La notevole importanza documentaria degli elementi architettonici realizzati con questo materiale tuttavia rende cruciale lo studio e il controllo dei suoi fenomeni degenerativi, al pari di numerosi altri monumenti di epoca faraonica sparsi in tutto il paese. In base alla tipologia, (compattezza, composizione mineralogica, ecc) questa pietra resiste in modo differenziato al degrado naturale. Un fenomeno molto comune è la decoesione determinata da sbalzi termici e cicli secco-umido. In particolare, specialmente nei periodi invernali, a forte escursione termica giornaliera, si sono registrati forti fenomeni di condensa sulla pietra nelle prime ore del mattino (Fig. 7). Per le parti più esposte ai venti dominanti il fenomeno di erosione prende il sopravvento su tutti gli altri. La polverizzazione in alcuni casi è molto evidente, sia sui pezzi sparsi che sugli elementi architettonici in opera. Spesso il fenomeno si differenzia in base alla maggiore o minore resistenza dei naturali strati di deposito dell'arenaria. Sulle colonne l'erosione tende ad accentuarsi su tutte le parti esposte al vento dominante da Nord-Est, specialmente quelle sommitali, con una conseguente perdita localizzata delle geometrie originarie (Fig. 8). Il continuo asporto di materiale si accentua in corrispondenza dei giunti e determina la caratteristica configurazione a "clessidra" del fusto, che rischia di innescare pericolosi meccanismi di instabilità. È indubbio che l'azione erosiva abbia inizio fin dal momento dello scavo. Un caso molto eloquente di questa dinamica è rappresentato dal confronto con la documentazione relativa alle prime operazioni di disseppellimento, avviate alla fine del XIX secolo². Nell'arco di un secolo alcuni dei blocchi delle colonne della sala ipostila hanno perso quasi del tutto la configurazione volumetrica originaria e continuano a subire forti perdite di materiale anche in intervalli di tempo molto limitati (Fig. 9).

Intonaci e malte

Malte e intonaci sono presenti in modo diffuso nell'area archeologica. Qualità e tipologie di impasto, composizione del legante e natura del supporto sono determinanti nella diversificazione dei fenomeni degenerativi. Nelle strutture di epoca faraonica le malte sono esclusivamente a base di legante gessoso. In edifici più recenti, come quelli delle necropoli, si trovano prevalentemente leganti carbonatici. Anche la composizione dell'ag-

² Utili alla ricostruzione di questa anamnesi si sono rivelati gli scatti fotografici di John De Monin Johnson che documentano la situazione nel 1914 (Johnson, 1914). L'archivio del Griffith Institute dell'Università di Oxford conserva 313 negativi in bianco e nero degli scatti fotografici eseguiti da John de Monins Johnson. Alla documentazione non è allegato alcun documento scritto, né descrizioni dei singoli fotogrammi. Il materiale è parzialmente consultabile sul portale dedicato alle risorse digitali dell'Archivio del Griffith Institute. <http://www.griffith.ox.ac.uk/gri/4johnson.html>.



gregato può rivelarsi determinante. Un esempio è la presenza di halite (NaCl) riscontrata nell'aggregato di alcune malte del tempio (presumibilmente connessa alla variabile composizione delle rocce evaporitiche utilizzate), che senza dubbio determina una maggiore vulnerabilità alle cicliche variazioni di umidità ambientale, con conseguente perdita di coesione. Indipendentemente dalla natura delle malte, il materiale di supporto può rivelarsi essenziale per il loro stato di conservazione. Se infatti la pietra (calcareo o arenaria) da una parte offre maggiore stabilità, dall'altra può innescare forti differenze di dilatazione termica che influiscono sul distacco di parti, spesso integre (Fig. 10). D'altro canto, intonaci stesi su pareti in mattoni crudi possono essere messi a rischio dalla perdita di coesione delle murature stesse. Un altro aspetto che influenza lo stato di conservazione di questi materiali è senza dubbio la loro esposizione più o meno diretta agli agenti atmosferici. Malte meno esposte alla radiazione solare (lato nord) o ai venti dominanti, in condizioni di conservazione più stabili, sono caratterizzate ancora da una buona durezza e tenacia. Anche per le malte l'azione del vento dominante può innescare processi di erosione critici. L'azione è di tipo meccanico, per via del particolato trasportato dal vento proveniente dal deserto. Su ampie superfici piane il fenomeno si manife-

Fig. 9
Modello 3D di un elemento architettonico, finalizzato al rilievo e al monitoraggio dei fenomeni erosivi. A destra, schema evolutivo del processo di erosione su una colonna della sala ipostila del tempio ramesside

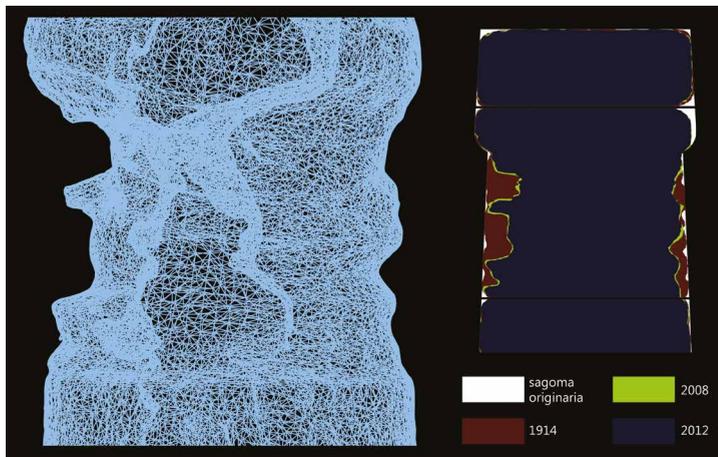
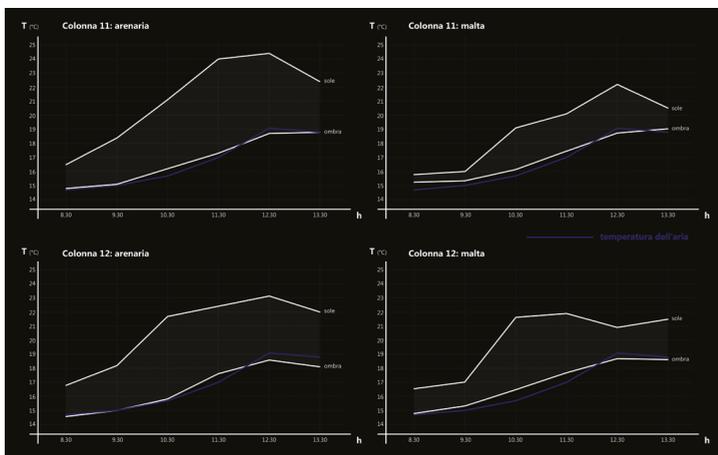


Fig. 10
Diagrammi relativi alle variazioni di temperatura superficiale delle malte di rivestimento e della pietra arenaria di supporto. È evidente la maggiore inerzia delle malte rispetto alla pietra, specialmente per le parti esposte alla radiazione solare



sta come una diffusa abrasione superficiale, mentre è molto più accentuata sui giunti di allettamento, soprattutto in corrispondenza degli spigoli delle murature. L'accelerazione del vento tra le fenditure, in alcuni casi induce un forte arretramento localizzato dei giunti, come per i piani di posa dei rocchi delle colonne del tempio ramesside.

Strati pittorici

Nell'area di Antinoe si registrano due tipologie principali di decorazione pittorica. Tempera a secco si concentrano prevalentemente nel tempio ramesside (Fig. 11). Negli altri edifici, specialmente nelle chiese tardo antiche, si ritrovano frammenti di affresco (Fig. 12). In entrambi i casi le problematiche sono connesse all'esposizione e si possono schematizzare in fenomeni di decoesione o di deposito superficiale. Nelle parti soggette all'azione del vento o alla frequentazione antropica, si registra la progressiva perdita degli strati pittorici. Inevitabilmente le decorazioni a tempera risultano essere quelle più vulnerabili, con frequenti distacchi o disgregazione del solo film pittorico e polverizzazione dei granuli di pigmento. In altri casi si osserva il distacco anche dello strato di supporto (preparazione a gesso, intonaco carbonatico). In modo diffuso, si registra la presenza di uno strato di deposito superficiale di natura gessosa (gesso lenticolare da ambiente arido), verosimilmente dovuto alla compattazione delle polveri trasportate dal vento. Questo strato in moltissimi casi occulta gli strati pittorici creando, di fatto, una sottile protezione.

Fig. 11

Tracce di strati pittorici a tempera sul dado di un capitello ramesside

pagina seguente

Fig. 12

Resti di intonaci dipinti ad affresco in una chiesa di Oxyrhynchos (in alto a sinistra) e in una delle tombe della necropoli di Tuna el-Gebel, tutti realizzati su murature in mattoni crudi







Disfacimento delle strutture murarie

Tutto il sito archeologico offre un vastissimo repertorio di tecniche costruttive. Ad opere murarie in pietra, incluse le installazioni all'interno degli edifici ecclesiastici e le colonne (faraoniche e tardo antiche), si affianca un insieme complesso di murature in mattoni crudi il cui impiego è trasversale in moltissimi periodi di frequentazione del sito (dagli edifici di epoca tolemaica alla cinta muraria della città romana) (Fig. 13). Il ca-



so più frequente è costituito da murature miste, in cui pietra e terra cruda sono assemblate per creare strutture unitarie a resistenza differenziata. Le strutture orizzontali sono prevalentemente costituite da volte nubiane (sempre in mattoni crudi), di cui si osservano resti fuori terra e porzioni molto più consistenti semi sepolte. Lo stato di conservazione generale delle strutture murarie è critico. Fenomeni di disfacimento sono estremamente diffusi e in rapida evoluzione. L'elemento chiave di questo processo è la degenerazione delle terre crude (Fig. 14). Cicli di umidità e sbalzi termici inducono un progressivo aumento della porosità nei mattoni crudi e, in modo ancora più diffuso, forti fenomeni di ritiro e dilatazione, con fessurazioni e frammentazioni dei singoli elementi. L'azione erosiva del vento conclude il processo asportando materiale incoerente e determinando la caduta di frammenti. L'inesorabile decoesione delle parti in mattoni crudi e delle malte induce una graduale espulsione degli eventuali elementi di apparecchio in pietra. A questi processi degenerativi si sommano le azioni antropiche dovute alla frequentazione o all'uso improprio dei ruderi (specialmente in prossimità del villaggio). In generale le murature fuori terra non si conservano che per pochi metri in elevato, risultando facilmente accessibili al calpestio antropico o animale. Le parti più esposte sono le creste murarie, gli angoli, le superfici verticali in corrispondenza dell'attacco a terra (ricovero di animali, fuochi, ecc) (Fig. 15). Ad aggravare la vulnerabilità di queste strutture è la loro instabilità dovuta a pericolosi fuori piombo, scavi al di sotto del piano di fondazione o alla loro costruzione spesso

pagina a fronte

Fig. 13

Murature in mattoni crudi del sito monastico di Deir el-Dik, sulle alture retrostanti il sito di Antinoe

Fig. 14

Strutture miste in blocchi di calcare e mattoni crudi nella necropoli Nord di Antinoe



Fig. 15
Fenomeno di disfacimento di mattoni in terra cruda in corrispondenza dell'attacco a terra

Fig. 16
Strutture murarie di epoca copta che insistono su elementi di crollo del tempio ramesside di Antinoe



avvenuta su strati instabili (crolli, materiale di riporto) (Fig. 16). Per alcune di queste murature è stato avviato un programma di monitoraggio dinamico che ne attesta la progressiva riduzione di consistenza con l'avvicinarsi delle stagioni.

Forme di instabilità e dissesto

Fenomeni di dissesto sono diffusi su tutto il sito, alcuni relativi ad eventi pregressi e conclusi, altri dovuti a situazioni in atto. Le strutture in elevato sono tra le più soggette a queste dinamiche. Quasi sempre le cause sono cedimenti del terreno, dovuti alla non inconsueta posa in opera direttamente sul terreno (con fondazioni spesso del tutto assenti) o alla presenza di cavità sotterranee (cisterne, pozzi, ecc). Le conseguenze più comuni sono perdite di verticalità di setti murari o fessurazioni localizzate di assestamento. In uno dei colonnati del tempio ramesside, i cinematismi dovuti ai cedimenti del piano stilobate hanno determinato il collasso della pietra calcarea delle basi circolari. Anche le pavimentazioni (Fig. 17) sono partico-



larmente interessate dal fenomeno, specialmente nel caso in cui all'erosione del substrato di appoggio si aggiungono i carichi accidentali dovuti alla frequentazione antropica. I resti di pavimentazione delle basiliche risultano sconnessi in più punti e in molti casi alcune lastre si trovano in forte sottosquadro rispetto al terreno di appoggio. Un'altra forma di dissesto, molto comune in tutta l'area archeologica, è rappresentata dall'instabilità degli elementi in giacitura di crollo. Si tratta di grandi elementi architettonici in pietra (colonne, architravi, cornici, vasche, ecc) che spesso poggiano su piani inclinati di terreno, su porzioni di materiale incoerente compatto o sono accatastati l'uno sull'altro. Questo comporta carichi sbilanciati e concentrati, anomali rispetto alla configurazione originaria di questi blocchi, con tensioni concentrate su punti dalla particolare vulnerabilità (ad esempio sugli spigoli). Le evidenti conseguenze sulla resistenza della pietra si manifestano con lesioni e spaccature su molti elementi. Inoltre, l'erosione dei materiali incoerenti di appoggio può aumentare l'instabilità e il rischio di ribaltamento, per carichi accidentali o equilibri precari (Fig. 18).

Il rischio di perdita dei pezzi sparsi

In una situazione così complessa un caso a sé è rappresentato da tutti i frammenti architettonici di dimensioni minori, erratici, sparsi sulla superficie del terreno. Movimentazioni successive, manomissioni accidentali o volontarie, insieme al naturale degrado dei materiali, hanno alterato molti crolli primari, determinando uno smembramento dei pezzi, la loro frammentazione o la loro perdita. La mobilità rappresenta uno dei fattori

Fig. 17
Deformazioni del piano pavimentale in lastre calcaree di uno degli ambienti del santuario di San Colluto ad Antinoo

pagina seguente
Fig. 18
Elementi di crollo in equilibrio instabile su pacchetti di sedime risparmiati dallo scavo





pagina a fronte

Fig. 19
Capitello erratico
in calcare
appartenente alla
basilica vescovile
della città

Fig. 20
Resti di una
sepoltura (tessuti,
reperti ossei)
sconvolta dalle scavi
clandestini nella
necropoli Nord

di maggiore vulnerabilità per questi elementi. L'alto rischio di perdita è direttamente proporzionale al loro valore documentario. In molti casi questi frammenti sono le uniche testimonianze di edifici scomparsi. La loro identificazione e documentazione si rivelano dunque essenziali per ponderare qualunque intervento conservativo che possa modificare lo stato attuale dell'area. Con questo presupposto è stato avviato un repertorio sistematico in aree campione, che possa permettere di quantificare ciò che può considerarsi definitivamente perduto o potenzialmente rintracciabile attraverso future indagini archeologiche (Fig. 19).

Azioni antropiche

Uno dei problemi principali nel sito di Antinoe è rappresentato dalle azioni antropiche. Danni indiscriminati e scavi clandestini sono diffusi in molte parti del sito archeologico. Una distinzione fondamentale va fatta tra il saccheggio perpetrato da individui, spesso molto poveri, in cerca di reperti da vendere e le azioni dei vandali che distruggono arbitrariamente strutture e materiali archeologici senza uno scopo apparente. I danni prevalenti sono senza dubbio quelli dovuti agli scavi clandestini, effettuati senza scrupoli anche durante i periodi di campagna archeologica della missione. A compierli sono abitanti del villaggio, sempre più spesso gruppi di bambini, coordinati da adulti. Essi osservano l'interesse degli studiosi della missione per differenti aree del sito e tendono a concentrare i tentativi di scavo in quei punti. Recentemente le attività si sono concentrate nella Necropoli Nord (costellata di pozzi, buche e sepolture sconvolte) (Fig. 20). Atti vandalici si registrano sempre più frequentemente negli ultimi anni. Spesso sono la conseguenza della frustrazione per gli scavatori nel non aver trovato nulla di valore, dopo aver rimosso grandi quantità di terra. Vengono presi di mira in modo indistinto porzioni di edifici e murature, apparati decorativi, pavimentazioni³. Un altro caso di distruzione è rappresentato dalle costruzioni abusive. Nuove abitazioni del villaggio vengono programmate senza troppi scrupoli a ridosso dell'area archeologica, mettendo a rischio di perdita molti bacini stratigrafici. La maggiore minaccia per i resti archeologici tuttavia, è rappresentata dal cimitero moderno, immediatamente a ridosso della cinta muraria e dell'ippodromo, continuamente in espansione. Ogni anno nuove porzioni della città antica vengono spianate e delimitate con blocchetti calcarei, per creare nuove aree di sepoltura. Negli ultimi due anni, anche la metà dell'ippodromo è stata livellata, nonostante le segnalazioni al ministero delle antichità (Fig. 21)⁴.

Prospettive e sostenibilità

La conservazione dei siti archeologici è un settore che in Egitto ha un potenziale enorme. Molto lavoro può ancora essere svolto per ridurre il forte rischio di perdita del patrimonio di questo paese che da sempre va oltre i suoi confini culturali. La tendenza attuale di molti ambienti scientifici a considerare in modo specifico la conservazione dei materiali lapidei nei contesti archeologici indica una direzione che potrebbe portare a nuo-

³ Esempi di puro vandalismo sono i recenti smembramenti delle fondazioni di una delle chiese della città, costituite da tala-tat di recupero dal tempio ramesside. Gli elementi, quasi sempre recanti superfici decorate in rilievi attribuibili alle decorazioni ramessidi o a decorazioni amarniane precedenti, sono stati frantumati e dispersi nell'area circostante. Anche gli edifici della necropoli Nord, interessata da numerose azioni di scavo clandestino, hanno subito danneggiamenti, spesso irreversibili.

⁴ Le iniziative istituzionali di tutela, quando presenti, sono del tutto inadeguate. La presenza stabile di personale di sorveglianza da febbraio 2014, ha rallentato ma non interrotto le azioni di saccheggio e distruzione. Anche nel caso in cui i responsabili vengano identificati e segnalati, i provvedimenti sono inesistenti.





Fig. 21
Devastazioni effettuate da vandali e scavatori clandestini nella necropoli Nord, su un fonte battesimale (in alto) e su una struttura muraria perimetrale in terra cruda con colonne calcaree inglobate. In alto veduta generale del cimitero moderno a ridosso dei resti dell'ippodromo (visibili a destra)

ve e più complesse evoluzioni anche nella ricerca in Egitto. Il forte richiamo culturale internazionale, la complessità dei siti archeologici e la grande quantità di situazioni a rischio spingono a un forte incremento degli sforzi per la conservazione in questo settore.

Un aspetto cruciale è il rapporto della popolazione locale con questi monumenti. Nella maggior parte dei casi la gente del luogo vive in modo indiretto i benefici dei flussi turistici. Le attività dei gruppi di ricerca sono spesso estranee al coinvolgimento dei locali, se non per servizi logistici o per il tradizionale reclutamento di operai per gli scavi. Azioni altamente qualificate di studio e di conservazione rischiano di restare dissociate dalla realtà locale, sia materialmente che culturalmente. Il grado di appartenenza e di consapevolezza, di appropriazione e di custodia è molto ridotto e rischia di rendere scarsamente sostenibile ogni azione esterna sul patrimonio. Una prospettiva diversa potrebbe essere rappresentata dalla messa a punto di soluzioni conservative adeguate, in cui la sostenibilità sia un carattere irrinunciabile. La collaborazione con i responsabili locali, potrebbe confluire verso la definizione di supporti metodologici efficaci e facilmente accessibili (procedure conservative a basso impatto, sistemi di protezione, materiali di integrazione, procedure operative di manutenzione e controllo, ecc), integrati da iniziative di formazione. Sviluppare protocolli scientificamente validi, ma di semplice applicabilità, è un obiettivo centrale che potrebbe contribuire a riattivare il contatto tra la popolazione locale e il suo patrimonio antico. L'etica del restauro, specialmente in aree rurali dell'Egitto, passa anche attraverso la riduzione della distanza tra lo studio scientifico dei team internazionali e la vita quotidiana delle popolazioni locali.



Bibliografia di riferimento

Bosticco, S. 1998, 'Dintorni di Antinoe' in *Antinoe cent'anni dopo*, catalogo della mostra – Firenze, Palazzo Medici Riccardi, 10 luglio-1° novembre 1998, ed. L. Del Francia Barocas, Istituto papirologico G. Vitelli, Firenze.

Cannuyer, C. 1999, 'L'intérêt pour l'Égypte à l'époque fatimide. Étude sur l'Abrégé des Merveilles (Mukhtasar al-'ajā'ib)' in *L'Égypte fatimide. Son art et son histoire*. Actes du colloque organisé à Paris les 28, 29 et 30 mai 1998, ed. M. Barrucand, Paris, pp. 483-491.

Coli, M., Pini, G., Rosati, G. 2008, 'I siti estrattivi di Antinoe' in *Antinopolis I. Scavi e materiali. Volume 1*, Firenze, pp. 509-532.

Coppola, M., Taccia M. G., Tedeschi, C. 2013, 'Analysis and Conservation of Ancient Egyptian gypsum-based binders and mortars from the temple of Ramesses II in Antinoe' in *Online Proceedings of Conference Built Heritage 2013. Monitoring Conservation and Management*. Milan – Italy, 18-20 November 2013, Milano, pp. 1382-90.

Donadoni, S. 1945, 'I lavori della missione fiorentina al tempio di Ramesse II ad Antinoe' in *Scritti dedicati alla memoria di Ippolito Rossellini nel 1° centenario dalla morte (4 giugno 1943)*, Le Monnier, Firenze.

El Daly, O. 2005, *Egyptology: the missing millennium. Ancient Egypt in medieval arab writings*, London.

Fitzner, B., Heinrichs, K., La Bouchardiere, D. 2003, 'Weathering damage on Pharaonic sandstone monuments in Luxor' in *Building and Environment*, no. 38, pp. 1089-1103.

Gayet, J. A. 1897, 'L'exploration des ruines d'Antinoe et la découverte d'un temple de Ramses II enclos dans l'enceinte de la ville d'Hadrien' in *Annales du Musée Guimet, tome vingt-sixième, troisième partie, Ministère de l'Instruction Publique et des Beaux Arts*, Ernest Leroux, Paris, pp. 10-24.

Haarmann, U. 1991, *Das Pyramidenbuch des Abū Ja'far al-Idrīsī (Beiruter Texte und Studien, 38)*, Beirut, Stuttgart.

Johnson, J. 1914, 'Antinoe and its papyri' in *Journal of Egyptian Archaeology*, no. 1, The Egypt Exploration Fund, London, pp. 168-172.

Manfredi, M. 1998, 'Storia della città di Antinoe' in *Antinoe cent'anni dopo*, catalogo della mostra – Firenze, Palazzo Medici Riccardi, 10 luglio-1° novembre 1998, ed. L. Del Francia Barocas, Istituto papirologico G. Vitelli, Firenze.

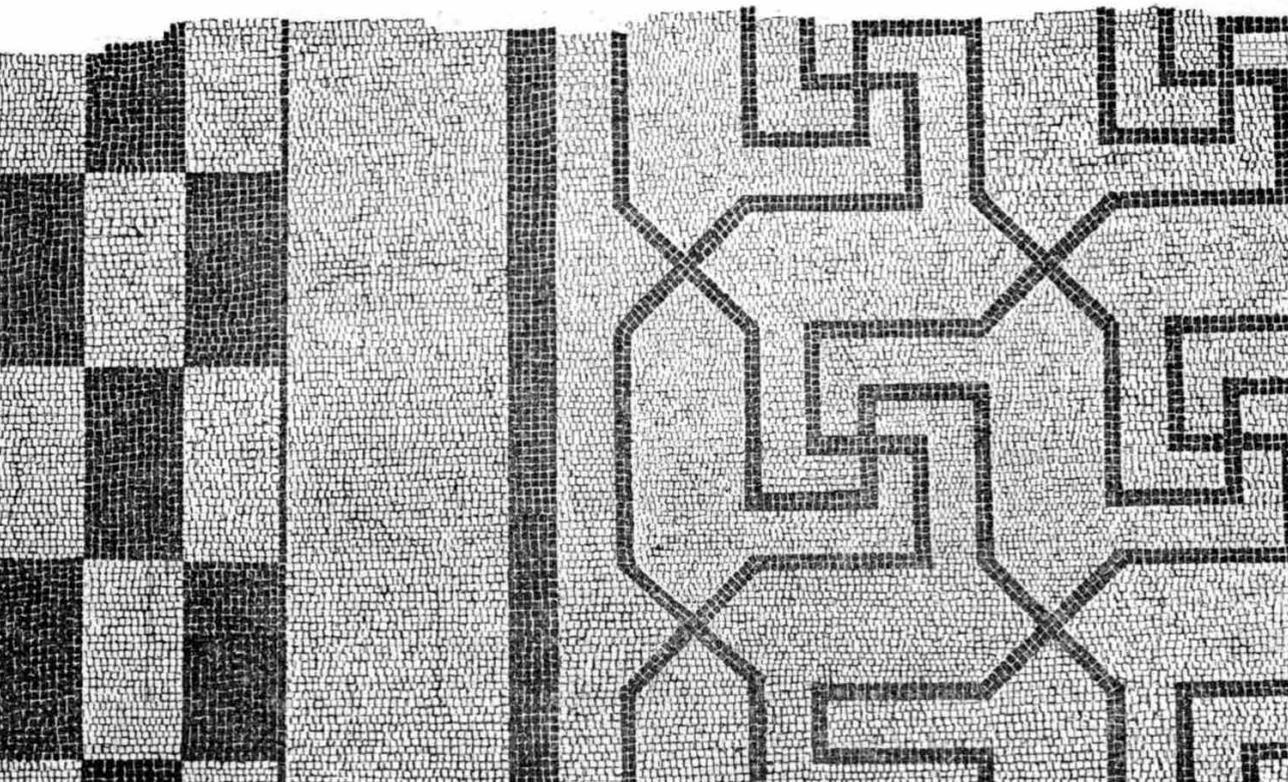
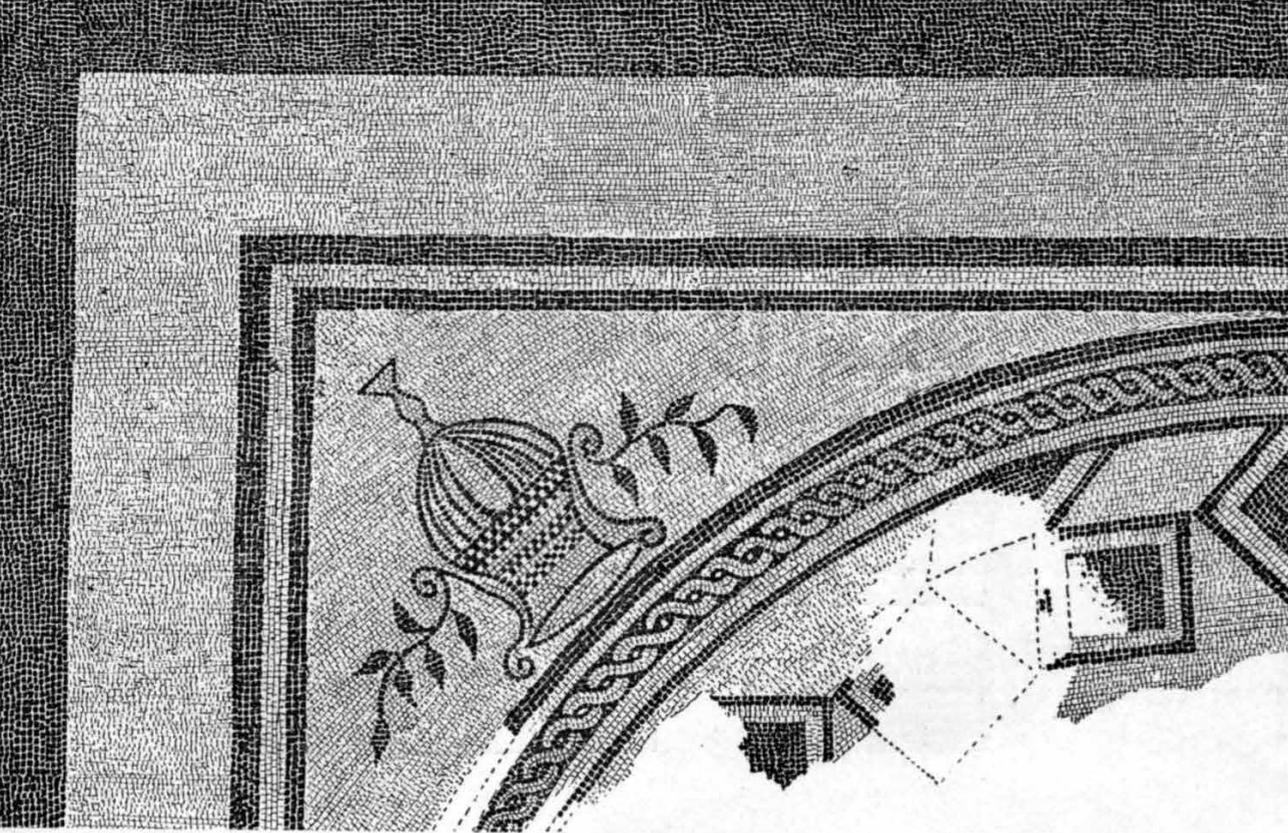
Martinet, G., Deloye, F. X., Golvin, J. C. 1992, 'Caractérisation des mortiers pharaoniques du temple d'Amon à Karnak' in *Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, no. 181, pp. 39-45.

Nicholson, P. T., Shaw, I. 2009, *Ancient Egyptian Materials and Technology*, Cambridge University Press, Cambridge.

Pintaudi, R. 2008, 'Gli scavi dell'Istituto Papirologico "G. Vitelli" di Firenze ad Antinoe (2000-2007). Prime notizie' in *Antinopolis I. Scavi e materiali. Volume 1*, ed. R. Pintaudi, Firenze, pp. 1-40.

Rosati, G. 2010, 'Il tempio di Ramesse II ad Antinoe' in *Il tempio e il suo personale nell'Egitto antico. Atti del IV colloquio*. Bologna, 24-25 settembre 2008, eds. S. Pernigotti, M. Zecchi, La Mandragora, Imola, pp. 43-52.

Sideris, C., Vafiadou, A., Mitsis, J. 2008, 'Mineralogical, petrological and radioactivity aspects of some building materials from Egyptian Old Kingdom monuments', in *Journal of Cultural Heritage*, vol. 9, no. 1, pp. 1-13.



I pavimenti romani e la loro tutela e valorizzazione: prime considerazioni sull'esperienza toscana

Michele Bueno
Lucrezia Cuniglio
Soprintendenza
per i Beni Archeologici
della Toscana (SBAT)

Abstract

Ancient floors represent one of the most significant class of artefacts for illustrating the principles of a fruitful collaboration between professionals working on archaeological excavations. One of the principal reasons for such a synergy lies upon the interdisciplinary feature of the new season of studies on ancient mosaics, as is particularly shown by the most recent conservation interventions. Aesthetic and antiquarian approaches - which for a long time have resulted in lifting mosaic panels to be exhibited as paintings in museums - have been replaced by historical-conservative approaches aimed to the conscious restitution of the formal and historical features of the artefacts.

The expertise of the Soprintendenza archeologica toscana allows to provide a significant documentary evidence of the evolution of this approach, with examples spanning from the 19th to the 21st century: from the so called "strappo a rullo", applied the mosaics retrieved in the early nineteenth century, at Florence, in square S. Giovanni, to the increasingly numerous cases of preservation and valorization in situ of the last years.

Introduzione

Approcci metodologici nello studio e nel restauro dei piani pavimentali antichi (M. Bueno)

I piani pavimentali antichi (cementizi, tessellati, *sectilia*, a commessi laterizi) costituiscono oggi una delle classi di manufatti più stimolanti per una collaborazione operativa tra le diverse figure professionali coinvolte in uno scavo archeologico. Laddove in passato lo studio dei pavimenti antichi è stato appannaggio del contributo settoriale dello storico dell'arte (per gli aspetti stilistici), o del restauratore (per quelli conservativi), con sempre maggiore frequenza si registrano oggi interventi a firma congiunta. È sufficiente, ad esempio, sfogliare gli indici degli atti dei Colloqui dell'Associazione Italiana per lo Studio e la Conservazione del Mosaico (AISCOM) o dell'International Committee for the Conservation of Mosaics (ICCM) per constatare la partecipazione di archeologi, chimici, geologi, architetti e restauratori all'interno dello stesso progetto.

pagina a fronte

Fig. 6

Pistoia. Il rilievo dei mosaici rimossi dalla *domus* di piazza Duomo e documentati da Giacomo Pellegrini sulle pagine della rivista *Notizie degli Scavi*. Foto da Pellegrini 1904

pagina seguente

Fig. 11

Camaiore (LU). Villa rustica dell'Acquarella. Particolare della pavimentazione in commesso laterizio dopo il restauro eseguito nel 2012 successivamente alla realizzazione della copertura. Foto G. Scolari





Una delle principali cause di tale sinergia, inedita ancora nel recente passato, è da rintracciare nel carattere interdisciplinare che, con leggero ritardo rispetto ad altre classi di manufatti, sta caratterizzando la nuova stagione degli studi sul mosaico antico. L'analisi stilistica *tout court* che ha segnato a lungo, condizionandola, l'impostazione metodologica delle ricerche, ha infatti lasciato spazio ad altri tipi di letture, tese a valorizzare il mosaico antico nella sua piena funzione di struttura pavimentale inscindibile dal proprio contesto architettonico. Il termine "contesto" è la parola chiave che ricorre con maggiore frequenza nei contributi più recenti: le sequenze stratigrafiche, l'ubicazione, la funzione, la planimetria e le fasi di vita dell'edificio di provenienza sono considerati oggi informazioni dalle quali non è possibile prescindere per una piena comprensione della cultura musiva di un territorio. Gli studi attuali muovono dalla consapevolezza che, come la pittura e gli apparati scultorei, anche i rivestimenti pavimentali non costituiscono unità decorative autonome, ma, inserendosi in un sistema relazionale che permea tutto l'edificio in un programma organico, trovano senso compiuto soltanto se considerati all'interno del contesto di origine (Corlàita Scagliarini, 1974-1976).

A riprova del carattere interdisciplinare della materia, oltre ai dati architettonico-strutturali, anche gli aspetti archeometrici e tecnico-esecutivi stanno assumendo sempre maggiore rilievo nello studio del mosaico antico. Le caratteristiche della preparazione, le componenti delle malte, i materiali impiegati, le modalità della posa delle tessere costituiscono indicatori che possono rivelarsi dirimenti per l'identificazione delle botteghe e per la collocazione cronologica del manufatto (Bueno et al., 2014). Da qui, il coinvolgimento sempre più attivo del restauratore, la cui approfondita conoscenza degli aspetti materiali del manufatto, se coniugata al dato archeologico-stratigrafico, può offrire spunti di lettura originali non solo per la cronologia del pavimento, ma anche per la definizione del *modus operandi* dei mosaicisti (Lugari et al., 2004).

Le nuove conquiste metodologiche degli studi sul mosaico antico hanno trovato un puntuale riflesso, sul piano operativo, nelle più recenti prassi di restauro. Contestualmente all'affinarsi delle indagini stratigrafiche e delle tecniche di rilievo e documentazione (fotogrammetria, laser-scanner), esse si sono progressivamente arricchite di nuovi concetti base, oggi recepiti nel bagaglio del restauratore: come per altre classi di manufatti, anche nel mosaico, al restauro di tipo mimetico si è sostituito quello filologico, basato su una integrazione delle lacune perfettamente riconoscibile e integralmente reversibile nel pieno rispetto dell'originale. Al contempo, ad un approccio di tipo estetico ed antiquario, che si è avvalso per lungo tempo dello strappo incondizionato di pannelli musivi da esporre come quadri alle pareti dei musei, si è venuto a sostituire un indirizzo di tipo storico-conservativo, rivolto alla consapevole restituzione dei valori formali e storici del pavimento. Anche nelle operazioni di restauro, così come nelle attuali linee di ricerca, da semplice rivestimento ornamentale bidimensionale subordinato all'arte pittorica, oggi il mosaico è dunque considera-

to nella sua piena dimensione tridimensionale e, in quanto tale, dove possibile, valorizzato *in situ* in tutta la sua potenzialità di documento storico e storico-artistico.

Conservazione e musealizzazione in situ dei piani pavimentali: alcune riflessioni (L. Cuniglio)

I piani pavimentali, come tutte le strutture archeologiche, variano le proprie condizioni di conservazione nel momento in cui vengono messi in luce e richiedono spesso interventi di restauro e attenzioni specifici a causa delle alterazioni che hanno subito in antico, dell'azione degli agenti meteorici a cui si trovano esposti dopo il rinvenimento, del valore artistico - oltre che storico e documentale - che viene loro riconosciuto. Questi fattori possono implicare modalità di conservazione e musealizzazione differenti a seconda del prevalere di uno sugli altri e dell'evoluzione che l'approccio ai manufatti archeologici ha subito nel tempo da parte degli studiosi.

Negli ultimi anni gli obiettivi richiesti ad un restauro sono quelli del minimo intervento e della massima reversibilità, ossia del rispetto di tutti i materiali originari e delle informazioni di cui sono portatori; in uno slogan, valido in modo particolare per il patrimonio archeologico, della conservazione *in situ*. Essa richiede che i manufatti siano modificati il meno possibile, che tutto il materiale originario rinvenuto sia preservato e che i prodotti moderni usati in fase di restauro siano più deboli di quelli con cui gli stessi manufatti sono stati realizzati (*Apparati musivi antichi*, 2003; Melucco Vaccaro, 2003 e Laurenti et al., 1998). Come già evidenziato, la conservazione *in situ* ha come conseguenza la musealizzazione negli stessi luoghi del rinvenimento.

L'efficacia di questo tipo di approccio aumenta con il ricorso a sistemi di protezione dall'azione diretta e indiretta, fisica e chimica, dell'acqua piovana, la principale causa di degrado delle strutture archeologiche. Il più diffuso di questi sistemi è la tettoia; la letteratura sull'argomento è piuttosto vasta e ad essa si rimanda per approfondire un tema abbastanza articolato sia per gli aspetti di tutela/conservazione che di valorizzazione/musealizzazione (fra tutti si veda: Laurenti, 2006). Qui basti ricordare che la scelta di realizzare una struttura di protezione, sia essa temporanea o permanente, è certamente quella che consente di ottenere buona parte degli obiettivi esposti. Tuttavia si presenta piuttosto impegnativa dal punto di vista progettuale ed economico. Una tettoia si deve rapportare al contesto archeologico e alle specifiche problematiche di conservazione dei manufatti, ma deve anche tenere conto dell'ambiente e del paesaggio in cui si inserisce. Inoltre deve essere sostenibile in quanto la decisione di realizzarla e le scelte progettuali e costruttive adottate avranno delle ripercussioni che accompagneranno l'amministrazione che dovrà gestirla per tutto il tempo che rimarrà in opera.

Quando non è possibile costruire una struttura di protezione vera e propria gli obiettivi della conservazione *in situ* possono essere raggiunti programmando sistematici lavori di manutenzione. Questi consistono nella

pagina a fronte

Fig. 1
Pianta distributiva
dei siti e contesti
edilizi con pavimenti
romani in Toscana.
Elaborazione di M.
Bueno

verifica periodica delle condizioni del manufatto, nell'esecuzione di modesti interventi conservativi e, soprattutto nel caso dei piani pavimentali, nella loro protezione temporanea al sopraggiungere della stagione più piovosa e fredda. Si tratta di obiettivi introdotti nel dibattito sulla tutela del patrimonio culturale da quasi cinquanta anni, ma che, a fronte di interventi e di spese più contenute dei consueti restauri, impongono un impegno di pianificazione delle lavorazioni da realizzare e di costanza nell'erogazione dei finanziamenti che non sempre è possibile garantire.

In ogni caso i criteri di conservazione e musealizzazione *in situ* impongono un'attenzione verso le strutture archeologiche molto maggiore di quella determinata dall'uso, protratto per tutti gli anni Ottanta, di materiali più tenaci rispetto a quelli originari. Spesso, dopo interventi che hanno fatto ricorso a tali prodotti, i manufatti archeologici non hanno avuto bisogno di manutenzione per molto tempo; tuttavia oggi si fa sempre più frequente e urgente la necessità di "restaurare i restauri". Pertanto, sia che si debba intervenire secondo l'attuale prassi sia che lo si faccia per rimuovere vecchi restauri, la tutela e la valorizzazione comportano un impegno di cui si deve avere consapevolezza.

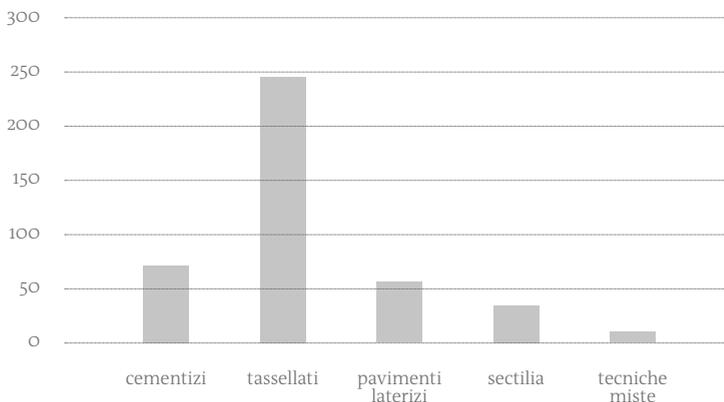
Ognuna delle procedure descritte ha numerosi esempi in Toscana, quindi si rimanda al capitolo successivo per una casistica degli interventi effettuati direttamente dalla Soprintendenza archeologica o sotto la sua direzione scientifica.

L'esperienza toscana dal XIX secolo ad oggi: prime considerazioni

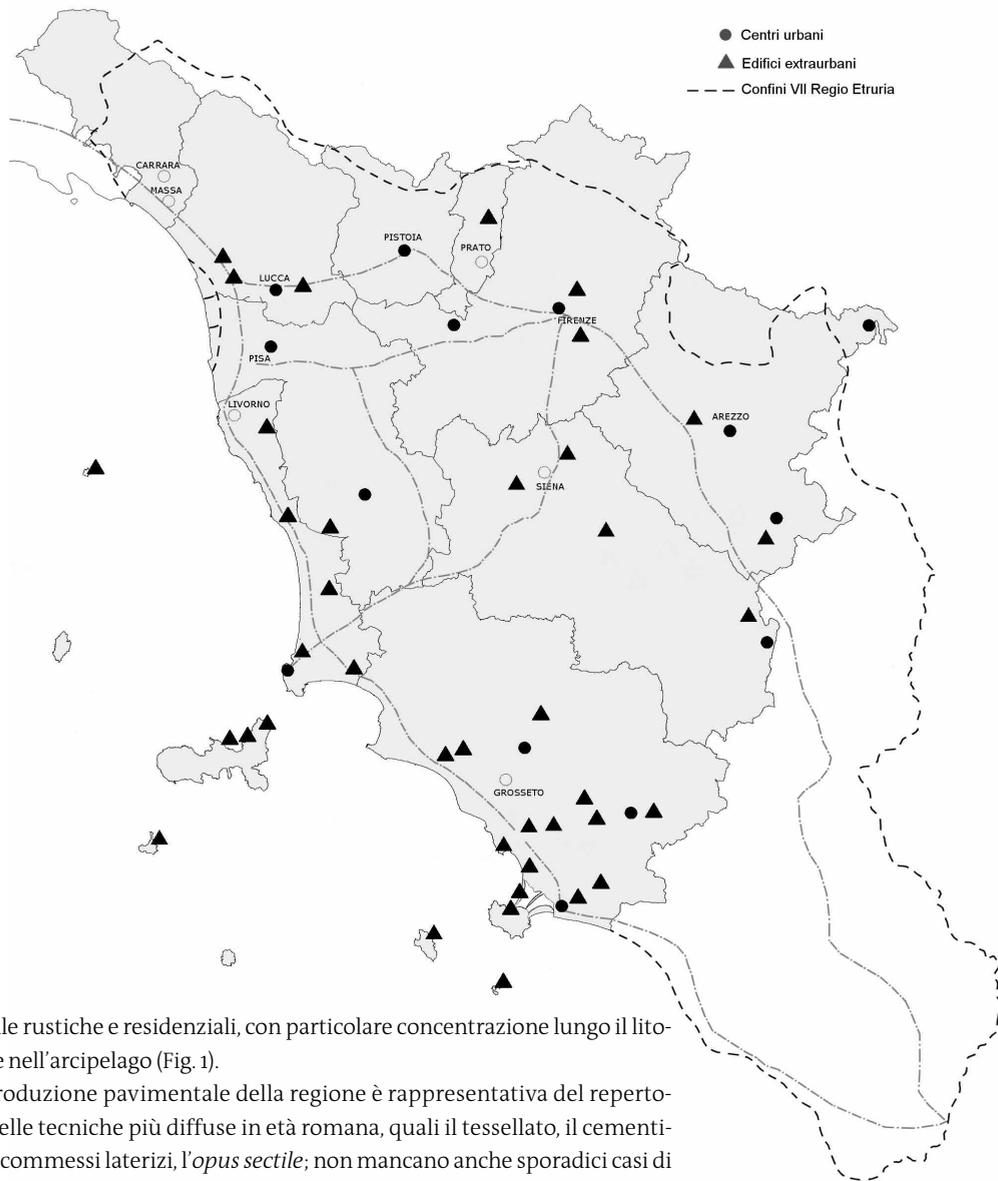
Il campione toscano (M. Bueno)

Nel territorio toscano, che, insieme a parte dell'Umbria, del Lazio e della Liguria, costituiva come noto la *Regio VII* augustea, si contano oltre quattrocento piani pavimentali databili tra l'età tardorepubblicana e l'età tardoantica. Oggetto di un censimento sistematico nell'ambito del "*Progetto Tess. Sistema informatizzato per la catalogazione dei pavimenti musivi*"¹ (Bueno, 2011), i pavimenti sono riconducibili a circa 150 contesti edilizi, a loro volta distribuiti tra 14 centri urbani e 40 edifici extraurbani, riconoscibili

Fig. 2
Elaborazione
statistica delle
tecniche di
pavimentazione.
Elaborazione di M.
Bueno



¹ Responsabile scientifico F. Ghedini, Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università di Padova (<http://www.perseo.lettere.unipd.it/tess/>).



in ville rustiche e residenziali, con particolare concentrazione lungo il litorale e nell'arcipelago (Fig. 1).

La produzione pavimentale della regione è rappresentativa del repertorio delle tecniche più diffuse in età romana, quali il tessellato, il cementizio, i commessi laterizi, l'*opus sectile*; non mancano anche sporadici casi di pavimenti caratterizzati dalla compresenza di tecniche diverse all'interno della stessa stesura (Fig. 2).

In generale, in confronto ad altri comparti territoriali, non solo di ambito centro-italico (Marche, Umbria, Lazio), ma anche settentrionale (Veneto, Lombardia, Emilia Romagna), la Toscana presenta una produzione pavimentale piuttosto povera, in termini sia quantitativi che qualitativi, specchio di un processo di romanizzazione e dinamiche insediative differenti rispetto ai comparti geografici citati.

L'antiquaria e il restauro "estetizzante" (M. Bueno)

Distacco dei pavimenti e completamento mimetico qualificano la maggior parte degli interventi conservativi realizzati in Toscana dal XIX fino a

Fig. 3
Volterra (PI), Museo Guarnacci. Sul bordo del mosaico una epigrafe commenta la sistemazione del pavimento all'interno del Museo. Foto Archivio Fotografico SBAT

pagina a fronte

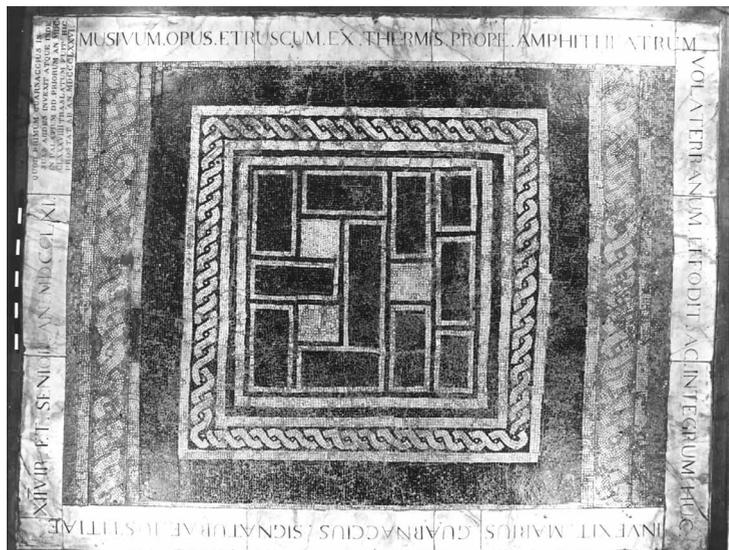
Fig. 4
Firenze. *Domus* di piazza S. Giovanni. Il mosaico strappato a rullo dall'Opificio delle Pietre Dure diretto da Edoardo Marchionni. Foto da Michelucci 2001

buona parte del XX secolo. Le cause della sistematica decontestualizzazione dei piani pavimentali sono da identificare in primo luogo nella difficoltà tecnica del tempo di conservare *in situ* strutture tanto delicate. La scarsa attenzione rivolta al contesto di provenienza e al dato storico-stratigrafico, tipica del tempo degli sterri, portò a privilegiare l'esposizione del mosaico come "quadro" a parete, cifra distintiva dei criteri di allestimento della museografia storica (Coralini, 2005).

La dispendiosa opera di distacco di pavimenti musivi destinati ad arricchire i nascenti nuclei museali della Toscana post-unitaria comportò una selezione obbligata degli esemplari considerati di maggior pregio: una selezione basata su criteri di tipo estetico, a discapito delle stesure meno appariscenti - cementizi, commessi laterizi - ma di analogo valore storico-documentario.

Tra gli esempi più significativi di questo approccio di stampo segnatamente antiquario, si ricorda il caso del Museo Guarnacci di Volterra (Pisa), uno dei più antichi allestimenti museali della Toscana. Sensibilizzato da Gian Francesco Gamurrini, reduce dalle fruttuose ricerche nella villa di Segalari presso Castagneto Carducci (Livorno), il direttore del Museo Niccolò Maffei effettuò il recupero dei mosaici dell'edificio per inserirli nel percorso espositivo del museo assieme ad altri tessellati volterrani, inglobandoli nel pavimento accompagnati da epigrafi esplicative: correva l'anno 1876, quando veniva completata la prima musealizzazione di pavimenti musivi realizzata in Toscana (Fig. 3).

Nei decenni successivi, fu il risanamento del centro storico di Firenze Capitale a costituire una nuova occasione per confrontarsi con i problemi posti dalla tutela di questa categoria di manufatti. Tra i numerosi piani pavimentali intercettati dagli sterri urbani (Bueno, 2006), vennero distaccate, per essere esposte nel Cortile dei Fiorentini del Museo Archeologico, le stesure ritenute più rappresentative dei fasti di *Florentia*. Se alla base della se-





lezione operata dalla Commissione Storico Archeologica preposta alle indagini del centro urbano furono sempre i criteri estetici a prevalere sugli aspetti storico-documentari, degno di nota fu il distacco di una parte di pavimento in cementizio decorato (Ciampoltrini et al., 2005), effettuato in tempi in cui ancora tale categoria di rivestimenti rientrava nel novero delle tecniche povere e pertanto oggetto di sistematico reinterro. Primo attore coinvolto in questa pionieristica operazione di tutela del patrimonio musivo di *Florentia* fu l'Opificio delle Pietre Dure, che, sotto la direzione di Edoardo Marchionni, sperimentò per la prima volta il distacco su rullo dei tessellati (Fig. 4), in sostituzione del tradizionale metodo a pannelli (Micheucci, 2001).

Selezione del "bel mosaico" e smembramento dei contesti contraddistinsero anche gran parte degli interventi effettuati nei primi decenni del '900. Tra gli esempi più rappresentativi, basti ricordare il pavimento in *opus sectile* di un triclinio della villa romana di Casale Marittimo (Pisa) (Buono, 2011, Csm-02) portato alla luce nel corso degli anni '30 e smantellato per essere ricomposto nella Sala della Canonica della città, dove è ancora oggi conservato. Negli stessi anni, si assisteva al distacco del mosaico con pesci e scena di naufragio proveniente dall'edificio delle Logge di Populonia (Piombino – Livorno) (Calloud, 2002) allo scopo di immergerlo nel mercato antiquario. Fortemente compromesso a causa di un incidente ve-

Fig. 5
Piombino (PI).
Museo Civico
Archeologico
di Piombino. Il
mosaico con pesci e
scena di naufragio
proveniente dalle
Logge di Populonia
prima e dopo il
restauro. Foto
Archivio Fotografico
SBAT. Elaborazione
di M. Bueno

rificatosi nel corso del trasporto, il pavimento venne integrato con nuove figure di pesci arbitrariamente realizzate dal mosaicista addetto al restauro, nel segno di un intervento di completamento mimetico tipico di quegli anni (Fig. 5).

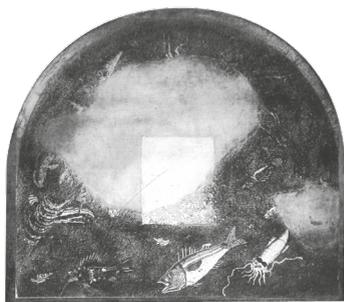
Questi approcci conservativi sono documentati per la gran parte dei pavimenti rinvenuti nella regione tra la fine dell'800 e larga parte del '900. A causa della difficoltà di conservazione di manufatti di dimensioni ingombranti, non raramente, mosaici sezionati in più pannelli giacciono accantonati nei magazzini dei musei e rimangono ancora oggi in attesa di una destinazione più consona. Si ricordano, tra i numerosi esempi, un pavimento di Volterra dei Macelli Pubblici scavato nel 1969 (Bueno, 2011, Volt-03) o il mosaico aretino rinvenuto in via Cesalpino rinvenuto nel 1961 (Bueno, 2011, AR-05), entrambi conservati in sezioni nei depositi museali. I pavimenti non distaccati, anche se impreziositi da disegni geometrici, sono stati invece oggetto di reinterro, in molti casi senza un'adeguata documentazione. È questo il caso, per citare gli esempi più rappresentativi, dei pavimenti della villa di Madonna delle Grazie a Talamone (Orbetello – Grosseto) (Bueno, 2011, TalMdG-01-03), o delle tre attestazioni della *mansio* di Collesalveti (Livorno), di cui si conservano solo i rilievi datati al 1935 (Ciampoltrini, 1991). Costituiscono un'eccezione quei piani pavimentali rinvenuti fortuitamente all'interno di ambienti chiusi e pertanto più facili da proteggere senza ricorrere al distacco, quali il pavimento tardoantico di Asciano (Siena) (Bueno, 2011, Asc-01), rinvenuto nel 1899, o i tessellati della *domus* di piazza S. Giovanni, ancora oggi apprezzabili *in situ* sotto al Battistero di Firenze (Bueno, 2011, FI-04-12).

Lo scavo stratigrafico e le prime musealizzazioni in situ (M. Bueno)

Contestualmente all'affermarsi dello scavo stratigrafico, che, come noto, proprio in Toscana ha visto una delle prime sistematiche applicazioni nelle indagini della villa di Settefinestre (Orbetello - Grosseto), nella seconda metà del XX secolo si è definitivamente affermato il concetto di pavimento-struttura, più attento al suo valore di documento storico legato al contesto architettonico di appartenenza.

Tale prospettiva aveva trovato in Toscana un episodio antesignano di inizio '900 nello scavo della *domus* di piazza del Duomo di Pistoia, condotto sotto la direzione di Giacomo Pellegrini sulla base di un rigore metodologico destinato ad avere seguito soltanto a partire dalla seconda metà del secolo. La documentazione allora registrata confluì in una pubblicazione esemplare (Pellegrini, 1904), corredata da rilievi dei mosaici – una delle prime restituzioni grafiche di pavimenti musivi edita in *Notizie degli Scavi di Antichità* – distaccati a scopo conservativo, ma considerati in base ai rapporti stratigrafici con le strutture (Fig. 6).

A livello nazionale, sul piano della conservazione la nuova sensibilità del XX secolo portò alla sperimentazione di allestimenti oggi decisamente datati e non riproponibili, nel tentativo di conservare *in situ* il dato stratigrafico. È questo il caso, ad esempio, delle *domus* dei fondi Cossar di Aquileia





(Udine), dove pavimenti sovrapposti relativi a fasi edilizie differenti, una volta distaccati, furono ricollocati *in situ* tramite l'ausilio di una struttura portante in cemento che consentiva di esporre un mosaico più tardo al di sopra di un più antico piano pavimentale, dal quale si accedeva, attraverso una botola, ad un terzo livello sottostante (Madrigali, 2012).

In Toscana, i problemi connessi alla conservazione *in situ* furono portati all'ordine del giorno dagli scavi estensivi effettuati nel corso della seconda metà del XX secolo nel grossetano, segnatamente nei siti di Cosa - Ansedonia e di Roselle. Indagata in modo estensivo da parte della American Academy in Rome negli anni '70, la Casa dello Scheletro di Cosa, costituisce uno dei primi esempi toscani di musealizzazione di una *domus* riportata alla luce in tutto il suo sviluppo planimetrico (Brown, 1980). La ricostruzione dell'intero percorso di fruizione assiale dell'edificio, innervato sull'allineamento *fauces-atrio-tablino*, rese necessaria la conservazione *in situ* dei pavimenti in cementizio e a commessi laterizi (Buono, 2011, Cos-01-08) attraverso l'apprestamento di tettoie evocative delle coperture originarie (Fig. 7). Una scelta diversa ricadde invece sulla *domus* di *Quintus Fulvius*, obliterata dall'edificio dell'*Antiquarium* di Cosa che ne riprese in parte la planimetria, inglobando alcuni dei pavimenti in cotto ad essa pertinenti. La casistica degli interventi conservativi toscani effettuati nel corso del XX secolo è completata dalla musealizzazione *in situ* della cosiddetta "Domus dei Mosaici" della vicina Roselle, oggetto di scavi sistematici da parte della Soprintendenza nel corso degli anni '80. In questo caso, lo stato compromesso dei pavimenti musivi ne suggerì il distacco e la ricollocazione *in situ* su soletta in cemento (Michelucci, 1985) (Fig. 8), secondo una prassi si-

Fig. 7
Cosa – Ansedonia (GR). La Casa dello Scheletro musealizzata *in situ* con strutture di protezione che ricoprono i piani pavimentali rinvenuti. Foto Archivio Fotografico SBAT

pagina a fronte

Fig. 8

Roselle (GR). *Domus* dei mosaici. Il pavimento strappato e ricollocato *in situ* durante i restauri degli inizi degli anni Ottanta dopo un intervento di pulitura effettuato nel 2006. Foto B. Lucherini

Fig. 9

Castiglione della Pescaia (GR). Villa romana delle Paduline. Particolare dell'integrazione effettuata nel 2004 in corrispondenza di una grossa lacuna presente nel mosaico: le tessere sono state restaurate *in situ* e integrate con una malta neutra. Foto P. Gessani

stematicamente perseguita, come noto, nei coevi interventi conservativi di tutta la penisola, ma che in Toscana non sembra aver trovato particolare fortuna (cfr. *infra* Fig. 15).

Lattività di tutela della Soprintendenza toscana negli ultimi anni (L. Cuniglio)

L'acquisizione dei principi della conservazione e musealizzazione *in situ*, propri del dibattito maturato in Italia a partire dai primi anni Novanta del Novecento, è certamente responsabile della prevalenza di questo approccio nella prassi operativa della Soprintendenza archeologica toscana nel periodo a cavallo fra il XX e il XXI secolo.

Pur riscontrandosi alcuni casi di rimozione di tessellati dai contesti del loro rinvenimento per una valorizzazione affidata, per lo più, alle sale di un museo oppure di strappo e successiva ricollocazione *in situ*, buona parte dei piani pavimentali scoperti negli ultimi decenni sono stati restaurati e musealizzati dove rinvenuti.

È il caso dei tessellati della villa romana delle Paduline a Castiglione della Pescaia (Grosseto) (Fig. 9) e della *mansio* di Torretta Vecchia scavata a Collesalveti fra il 1989 e il 1991 (Fig. 10); dell'*opus sectile* della cosiddetta "basilica dei Bassi" nel foro di Roselle e del vano 32 della *domus* dei mosaici nella stessa area archeologica; dei cementizi e dei pavimenti laterizi della villa romana di Nomadelfia (Grosseto), della villa rustica dell'Acquarella a Camaiore (Lucca) (Fig. 11), della *domus* dei *dolia* a Vetulonia (Castiglione della Pescaia - Grosseto) e di buona parte dei piani pavimentali rinvenuti presso la villa *Domitia* dell'isola di Giannutri (Isola del Giglio - Grosseto) o la cosiddetta "casa di Diana" a Cosa, solo per fare alcuni esempi fra quelli che è possibile riscontrare in Toscana.

Alcuni di questi piani pavimentali sono stati protetti con una tettoia (Collesalveti, Nomadelfia e Camaiore) e questa, quando si è mantenuta in buono stato, ha contribuito in maniera significativa alla conservazione dei manufatti (Cuniglio, 2008) (Fig. 12). A Castiglione della Pescaia, a Roselle (vano 32) (Fig. 13) e a Vetulonia la Soprintendenza ha cercato di supplire all'assenza di questo sistema di protezione con la posa di teli di materiale traspirante - un tessuto non tessuto di poliestere con strato impermeabile - che, tenuti fermi da sacchetti di sabbia lavata, facilmente rimovibili ad ogni cambio di stagione e stoccabili ai bordi dei piani, hanno limitato la formazione di condensa e la crescita di vegetazione, riducendo gli effetti delle principali cause di degrado (Cuniglio et al., 2012 e 2013). Questi teli, di recente sperimentazione da parte dell'Istituto Superiore per la Conservazione e il Restauro e di altre soprintendenze archeologiche in Italia (Lugari et al., 2010), sono stati qui usati in alternativa al pur efficace geotessuto ricoperto da uno spesso strato di sabbia, perchè consente di scoprire i pavimenti all'arrivo delle stagioni più miti dopo averli protetti durante quelle più piovose e fredde.

A questi interventi realizzati dalla Soprintendenza in aree di proprietà pubblica si affiancano quelli condotti sotto la sua direzione scientifica in proprietà privata, come ad esempio a Volterra presso l'area dell'ex ospi-





dale di Santa Maria Maddalena, oggi occupata dal Centro studi della Cassa di Risparmio della città. Qui il mosaico rinvenuto nel corso di lavori di adeguamento del vecchio ospedale a sede di un centro congressi è stato conservato e valorizzato *in situ* con la realizzazione di una struttura di particolare suggestione. Si tratta di uno dei numerosi casi di rinvenimenti archeologici in contesti di edilizia privata che si cita per i buoni risultati raggiunti, pur nella consapevolezza che le oggettive problematiche che i ritrovamenti archeologici comportano, oltre che per lo scavo anche per la conservazione e valorizzazione dei manufatti rinvenuti, non rendono sempre possibile il raggiungimento di risultati analoghi.

Come anticipato, la necessità di conservare e documentare piani pavimentali a cui viene riconosciuto un importante valore storico e/o artistico altrimenti destinati ad essere occultati in maniera definitiva oppure a rischio perdita per furto, degrado o altro, ha comportato la decisione di staccare alcuni tessellati e di collocarli nelle sale dei musei. È il caso, per esempio, di tre mosaici della villa romana rinvenuta in località Ossaia a Cortona (Arezzo) e di quello del labirinto della villa *Domitia* dell'isola di Giannutri. I primi sono stati musealizzati nelle sale del Museo dell'Accademia Etrusca di Cortona: uno è allestito nell'ambito di una parziale ricostruzione del contesto di provenienza che lo propone in maniera abbastanza efficace nella sua funzione originaria, gli altri sono collocati nelle stesse sale, ma appesi ad un muro, contraddicendo, per la verità, gli sforzi fatti nella valorizzazione dell'altro. Il mosaico del labirinto, strappato dalla villa *Domitia* di Giannutri dove era collocato su un sottile strato di malta stesa direttamente sul terreno, è stato restaurato in laboratorio con una integrazione delle lacune

pagina a fronte

Fig. 10
Collesalveti (LI).
Mansio romana in
località Torretta
Vecchia. La
copertura realizzata
a scavo concluso
a protezione
delle strutture
archeologiche. Foto
L. Cuniglio

Fig. 12
Nomadelfia (GR).
Villa rustica.
La copertura
temporanea
realizzata nel
2007 sui vani con
piani pavimentali
in cementizio e
intonaci decorati.
Foto T. Bandinelli



Fig. 13
Roselle – Grosseto.
Domus dei mosaici.
Il pavimento in *opus sectile* del vano 32
proteetto dal tessuto
non tessuto dopo
l'intervento di
restauro eseguito nel
2011. Foto L. Cuniglio

pagina a fronte

Fig. 14
Massaciuccoli (LU).
Villa dei mosaici. Il
padiglione allestito
nel 2007 per la
musealizzazione
in situ dell'area
archeologica. Foto L.
Cuniglio

più piccole effettuata in sottosquadro con materiale recuperato nell'isola e una ricostruzione della parte mancante dello schema del labirinto con una incisione tracciata su una campitura neutra. Attualmente il mosaico è in attesa di essere esposto nel Centro di Documentazione previsto presso la villa (Rendini, 2008).

Un esempio per certi aspetti diverso dai precedenti è quello del pavimento a mosaico con animali marini rinvenuto in un edificio termale scavato in piazza Vittorio Veneto a Saturnia (Manciano - Grosseto). Il tessellato è stato rimosso con tutti i suoi strati preparatori, compreso i laterizi che poggiavano sopra le *suspensurae*, in previsione di una sua sistemazione nello stesso posto in cui è stato rinvenuto, anche se ad una quota differente, quella della piazza (Rendini et al., 2006 e 2009).

Infine si ricorda un'esperienza che riassume tutte quelle di cui si è cercato di tracciare un primo quadro, l'esperienza condotta a Massaciuccoli (Massarosa - Lucca) presso la cosiddetta "villa con mosaici" di via Pietra a Padule. Negli anni Sessanta del Novecento i tessellati rinvenuti presso questo edificio furono strappati, restaurati e ricollocati *in situ*; fra il 1982 e il 1987 il mosaico con creature marine fantastiche rinvenuto nel *frigidarium* del settore termale fu nuovamente staccato e restaurato dall'Opificio delle Pietre Dure e nel 1992 fu esposto in un edificio presso l'area del rinvenimento (Paribeni et al., 1989 e Giusti et al., 2003). Quindici anni dopo, con la realizzazione di una copertura costruita sui resti archeologici, si è proceduto alla musealizzazione *in situ* delle strutture e del mosaico che è stato nuovamente collocato nel vano di provenienza con interventi di adattamento e di integrazione delle lacune. La soluzione adottata è stata quella di restituire al pavimento la sua funzione e il suo disegno originario: il restauro degli anni Ottanta aveva integrato le lacune con le tessere originali superstiti e con nuove tessere in marmo perimetrare da una sottile linea





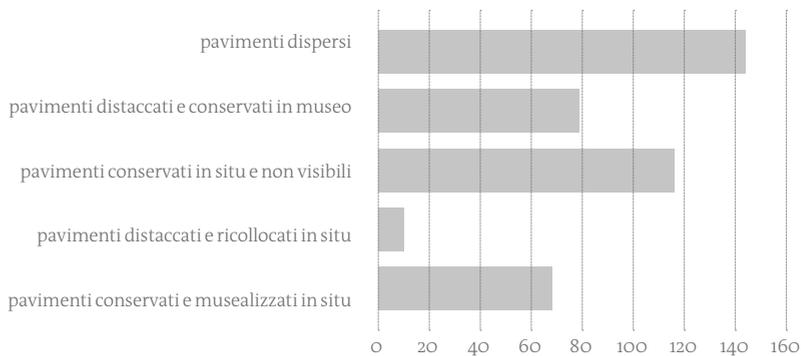


Fig. 15
Elaborazione statistica delle diverse tipologie di interventi conservativi effettuati in Toscana dal XIX secolo ad oggi. Elaborazione di M. Bueno

di tessere in pasta vitrea; quello concluso nel 2007 ha sostituito l'integrazione neutra dell'Opificio, corrispondente al tombino originario perduto negli anni, con un nuovo chiusino realizzato in marmo con una geometria dedotta dalle foto scattate negli anni Trenta, al momento dei primi scavi (Anichini et al., 2006).

Degli altri tessellati della villa, riferibili alla seconda fase edilizia del complesso, oggi è possibile ammirare il pavimento del vestibolo del settore termale; il mosaico, che la documentazione degli anni Trenta colloca presso uno degli ambienti residenziali, non è più rintracciabile. Con tutta probabilità si trovava al di sopra del pavimento laterizio ad esagonette, visibile *in situ*, risalente alla prima fase edilizia (Fig. 14).

Conclusioni (M. Bueno, L. Cumiglio)

Il campione regionale, seppur limitato rispetto ad altri ambiti geografici, consente di delineare sinteticamente i diversi approcci che nel tempo hanno caratterizzato gli interventi di tutela e valorizzazione dei principali complessi musivi della Toscana, dai più datati restauri di tipo estetizzante ai più recenti tentativi di conservazione *in situ* dei piani pavimentali in contesti archeologici complessi.

Come sinteticamente descritto nei paragrafi precedenti, il campione toscano è stato oggetto di due diversi tipi di interventi di tutela e valorizzazione. Se si escludono i pavimenti dispersi o reinterrati che, con oltre 250 unità, costituiscono il gruppo più consistente, si distinguono:

il distacco del manufatto con esposizione al di fuori del contesto di origine, quasi sempre a parete, perseguito attraverso la ricollocazione dello stesso su una soletta in calcestruzzo e rete elettrosaldato o su un pannello a nido d'ape e strato ad aderenza migliorata, nei casi più recenti;

la tutela e valorizzazione *in situ* all'interno di aree archeologiche di libera fruizione o di "aree mute" accessibili su richiesta, ottenuta per lo più con la conservazione *in situ* dei piani pavimentali, oppure, solo in alcuni casi, con il distacco e la ricollocazione *in situ* degli stessi (Fig. 15).

Hanno bisogno di una riflessione ulteriore i 143 piani pavimentali antichi che ad oggi non è stato possibile rintracciare in quanto citati esclusivamente nella documentazione consultata oppure perché perduti dopo il distacco.

Bibliografia di riferimento

- Anichini F., Campetti S., Donati F., Fabiani F., Gattiglia G., Paribeni E. 2006, 'Il progetto di riqualificazione dell'area archeologica di Massaciuccoli', *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana*, n. 2, pp. 550-556
- Apparati musivi antichi* 2003, *Apparati musivi antichi nell'area del Mediterraneo. Conservazione programmata e recupero. Contributi analitici alla carta del rischio*, Dario Flaccovio Editore, Palermo
- Brown F. E. 1980, *Cosa: the Making of a Roman Town*, University of Michigan Press, Ann Arbor
- Bueno M. 2006, 'L'analisi dei rivestimenti pavimentali per una ricostruzione delle dinamiche urbanistiche: il caso di Florentia', *AISCOM*, XI, pp. 159-166
- Bueno M. 2011, *Mosaici e pavimenti della Toscana (II sec. a.C.-V sec. d.C.)*, Edizioni Quasar, Roma
- Bueno M., Lugari A. 2014, 'Per una definizione della cultura musiva di Aquileia: schemi geometrici e tecniche esecutive nelle prassi di bottega della prima età imperiale', *AISCOM*, XIX, pp. 487-496
- Calloud I. 2002, 'Il mosaico con fauna marina dal British Museum: riflessioni sulle problematiche', *Rassegna di Archeologia. Associazione Archeologia Piombinese*, 19b, pp. 81-89
- Ciampoltrini G. 1991, 'Aspetti dell'inse-diamento tardoantico e altomedievale nella Tuscia: due schede di archivio', *Archeologia Medievale*, 18, pp. 687-697
- Ciampoltrini G., Rendini P. 2005, 'Lucca e il suo territorio: nuovi pavimenti in signinum e in commesso laterizio', *AISCOM*, X, pp. 821-832
- Coralini A. 2005, 'La domus romana nella città moderna. L'Italia settentrionale. Dalla politica della conservazione all'economia della gestione', in *Domus romane: dallo scavo alla valorizzazione*, F. Morandini, F. Rossi (eds), ET Edizioni, Milano, pp. 21-34
- Corlàita Scagliarini D. 1974-1976, 'Spazio e decorazione nella pittura pompeiana', *Palladio*, 23-25, pp. 3-44
- Cuniglio L. 2008, 'Proposte di metodo per la tutela e la valorizzazione delle strutture archeologiche', in *La Valdera romana fra Pisa e Volterra*, G. Ciampoltrini (ed), Pacini Editore, Ospedaletto (PI), pp. 133-164
- Cuniglio L., Gessani P. 2012, 'Grosseto: Roselle. Il restauro di un pavimento ri-scoperto. L'opus sectile del vano 32 della Domus dei mosaici', *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana*, n. 7, pp. 362-365
- Cuniglio L., Gessani P. 2013, 'Dieci anni di restauri alle strutture archeologiche della città antica di Roselle e della villa romana di Nomadelfia (GR). Resoconto degli interventi', *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana*, n. 8, pp. 123-138
- Giusti A. M., Raddi G., Martinelli C., Toso E. 2003, 'Esperienze dell'OPD nel trattamento delle lacune su manufatti musivi: impostazioni metodologiche', *AISCOM*, VIII, pp. 33-37
- Laurenti M. C. (ed.) 2006, *Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, Gangemi Editore, Roma
- Laurenti M.C., Salerno C.S., Fazio G. 1998, 'La conservazione in situ', in *Diagnosi e progetto per la conservazione dei materiali dell'architettura*, A. M. Pandolfi (eds), De Luca Editori d'Arte, Roma, pp. 87-102
- Lugari A., Grandi M. 2004, 'Riflessioni sui rapporti tra scelte iconografiche e tecniche esecutive nel mosaico romano (I sec. a.C.- I sec. d.C.) (Relazione preliminare)', *AISCOM*, IX, pp. 441-454
- Lugari A., Schievano P. 2010, 'Messa in opera e monitoraggio di un sistema di copertura temporaneo: pavimento del Tempio della Pace - Fori Imperiali Roma', *AISCOM*, XV, pp. 325-331
- Madrigali E. 2012, 'Esperienze di restauro e valorizzazione ad Aquileia: l'esempio dei fondi ex Cossar', in *L'architettura privata ad Aquileia in età romana*, J. Bonetto, M. Salvadori (eds), Padova University Press, Padova, pp. 685-698
- Melucco Vaccaro A. 2003, 'Philosophies favouring in situ conservation' in *Mosaics make a site, Proceeding of the VI International Conference Committee for the Conservation of Mosaics*, D. Michaelides (ed), ICCOM, Roma, pp. 17-22
- Michelucci M. 1985, *Roselle. La Domus dei Mosaici*, Editori del Grifo, Montepulciano
- Michelucci M. 2001, 'L'opificio delle Pietre Dure e il mosaico archeologico nella storia del restauro: teoria della conservazione e politica della valorizzazione', *AISCOM*, VIII, pp. 11-34
- Paribeni E., Giusti A.M., Frizzi P., Raddi G. 1989, 'Pavimento con animali fantastici. Scheda di restauro', *OPD Restauro*, n. 1, pp. 173-179
- Pellegrini G. 1904, 'Pistoia. Scavi archeologici in piazza del Duomo', *Notizie degli Scavi*, pp. 241-270
- Rendini P. 2008, 'Il restauro del mosaico del labirinto' in *I monumenti antichi dell'isola di Giannutri. Venti anni di attività della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana (1989-2008)*, P. Rendini (ed), Nuova Immagine, Siena, pp. 127-129
- Rendini P., Cuniglio L. 2006, 'Manciano (GR). Saturnia: le terme romane di piazza Vittorio Veneto', *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana*, n. 1, pp. 320-322
- Rendini P., Cuniglio L. 2009, 'Manciano (GR). Terme romane in piazza Vittorio Veneto a Saturnia: progetto preliminare', *Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana*, n. 3, pp. 773-777



Restauro conservativo e mobilitazione sociale in siti archeologici della valle dello Swat (Pakistan)

Luca M. Olivieri

*Dipartimento di Beni Culturali,
Università di Bologna,*

Schede tecniche:

Fabio Colombo

MAI Pakistan, MAI Afghanistan

Francesco Martore

MAI Pakistan

Giuseppe Morganti

*MIBACT, Direzione Generale
il Paesaggio, le Belle Arti, l'Arte e
l'Architettura contemporanea*

Abstract

The 60-year presence of the Italian Archaeological Mission in Swat, has built a substantial continuity among the skilled workers from one generation to the next resulting in a working experience that is unique in this field. This experience was transformed in 2011-2014 into a model of intervention, the ACT project. In view of this experience, a specific approach in conservative restoration was designed with special reference to the materials and skills of the local workers. The need was felt to come up with a low cost type of intervention based on clear-cut methodological concepts that would allow government agencies in future to plan maintenance and restoration cycles also on a large scale, that is with an order of magnitude that the administration of cultural heritage has to cope with in Swat and in Pakistan. This model of intervention is pictured through two test cases, i.e. the Main Stupa at the site of Saidu Sharif I, and the colossal rock-carving of Jahanabad.

Introduzione

La valle dello Swat si trova nell'omonimo distretto della provincia di Khyber-Pakhtunkhwa (già North-West Frontier Province, NWFP), nel piemonte dell'Hindukhush-Karakorum. La parte mediana della valle, che costituisce il bacino geografico del nostro tema di ricerca, si colloca ad un'altitudine media di c.a 1000 slm, ed è fiancheggiata da montagne che in questo tratto non superano i 3000 m slm. La parte superiore della valle culmina con vette che superano i 6000 metri, traversabili in estate da passi che connettono la valle all'area di Gilgit in direzione nord, al Chitral, a nord-ovest, e all'area di Chilas-Diamir (Nanga Parbat) in direzione nord-est.

Lo Swat, antico Suvastu del RgVeda, Soastene delle fonti greche, è noto presso le fonti classiche per essere stato teatro di una tappa non secondaria della spedizione di Alessandro Magno in India nel 327 a.C. Come Uddiyana è noto invece nelle fonti tardoantiche cinesi e tibetane come patria di Padmasambhava, Guru Rimpoche, che portò il Buddhismo in Tibet. L'interesse della ricerca italiana per lo Swat è di lunga data. Risale infatti al 1955 la fondazione della Missione Archeologica Italiana (MAI) da parte di

pagina a fronte

Fig. 1

Cappella buddhista a doppia cupola di Gumbat (foto di E. Loliva)

pagina seguente

Fig. 3

Area sacra buddhista di Amluk-dara: scavo e restauro (foto di E. Loliva)





Giuseppe Tucci, allora presidente dell'IsMEO (Olivieri 2006). La MAI, già IsMEO, poi IsIAO, ha continuato a lavorare per i successivi sessanta anni con continuità in campo archeologico e antropologico, coprendo tutta la valle su un arco cronologico che va dal Neolitico al periodo medievale, e lasciando una messe di oltre 700 pubblicazioni, rapporti e studi in gran parte in lingua inglese (Olivieri 2006b).

“Archaeology from below”

Dopo una obbligata parentesi - tra il 2007 e il 2010 la MAI sospese i lavori sul campo, quando venne costituito un emirato talebano nello Swat - i lavori sono ripresi nel 2011 grazie al finanziamento da parte del programma di conversione del debito Italia-Pakistan (PIDSA) di un progetto congiunto italo-pakistano denominato “Archaeology, Community, Tourism-Field School” (ACT), di cui è capofila la MAI, e diretto da chi scrive. Il progetto iniziato nel marzo 2011 e terminato nel settembre 2014, verrà proseguito dopo questa data per altri 12 mesi, sempre con la stessa fonte di finanziamento. La lunga e continuativa presenza di lavoro, la responsabilità di intere aree archeologiche per conto del governo del Pakistan, la continuità delle maestranze - di generazione in generazione - hanno permesso di realizzare un'esperienza di lavoro unica nel suo campo. Questa esperienza è stata trasformata in un modello di intervento, che costituisce la struttura concettuale del progetto ACT.

Il primo punto che si intende sottolineare è quello che riguarda il rapporto tra comunità rurali e siti archeologici. Questo rapporto si è visto particolarmente importante per la salvaguardia, o meglio la “auto-protezione”, dei siti. Questo, seppure venga inizialmente veduto dalla comunità come una fonte indiretta di reddito, tramite i cantieri archeologici (il che rappresenta comunque un'interfaccia positiva), si trasforma presto in un senso di comproprietà, di appartenenza, di sensibilità culturale, di responsabilità condivisa. È un fatto noto che le aree archeologiche poste sotto il controllo delle comunità dalla MAI, sono state le uniche a non essere danneggiate durante la fase tragica di governo talebano. È un fatto altresì evidente che queste ed altre aree aggiuntesi dopo il 2011, sono quelle in migliori condizioni e che hanno visto un incremento del numero di visitatori del 150% su 12 mesi nel 2013-2014.

Il progetto ACT ha lavorato in questa direzione, aggiungendo agli incentivi economici tradizionali (la paga giornaliera) incentivi a lungo termine (assunzione di custodi, formazione di restauratori e scavatori), cui si è aggiunta da ultimo il supporto alla creazione di una associazione riconosciuta dal governo di guide archeologiche (la prima in Pakistan). I siti, nella maggior parte, si trovano lontano dalla strada principale e necessitano di ore di marcia per essere raggiunti. 52 ripari dipinti di età tardo-protostorica e storica, siti buddhisti e fortificazioni, possono essere raggiunti solo se accompagnati. Le guide archeologiche in effetto lavorano sul modello delle guide alpine, e svolgono attività di guida anche nei siti monumentali del fondovalle. La creazione delle guide rappresenta un passaggio sociale estrema-

mente importante, in cui l'operaio archeologico da dipendente diventa autonomo, da soggetto passivo a attivo. Questo passaggio prima di essere sociale è concettuale. Grazie alla continuità di lavoro, e alla straordinaria accelerazione data ai lavori negli ultimi 36 mesi (307 giorni effettivi di cantiere solo nel sito di Barikot), che ha permesso di coinvolgere un totale di 289 operai, oggi si sono raggiunti risultati di grande importanza, mi permetto di dire. Nel triennio del progetto sono stati aperti molteplici cantieri, anche in contemporanea:

- a. sito urbano di Barikot (BKG 11-12), scavo, restauro e valorizzazione: 7 campagne;
- b. area sacra di Saidu Sharif, restauro e scavo: 4 campagne;
- c. area sacra di Amluk-dara (AKD 1), scavo e restauro: 3 campagne;
- d. area sacra di Gumbat (GBK 1), scavo e restauro: 3 campagne;
- e. necropoli protostorica di Udegram (UDG), scavo: 2 campagne;
- f. necropoli protostorica di Gogdara (G4), scavo: 1 campagna;
- g. moschea ghaznavide di Udegram (RGM): conservazione e valorizzazione: 3 campagne;
- h. scultura rupestre di Jahanabad, restauro: 2 campagne di 2 settimane;
- i. siti di arte rupestre di Sargah-sar, Kakai-kandao, Talang, protezione e valorizzazione: 1 campagna;
- j. (l) rilievi rupestri di Ghalegai, pulizia, 2 campagne di 1 settimana;
- k. (m) rilievo rupestre di Jare, pulizia e valorizzazione, 1 campagna di 1 settimana;
- l. (n) sito di arte rupestre di Gogdara (G1): pulizia: 2 campagne di 1 settimana.

A questi cantieri si sono aggiunti vari cantieri di costruzione: quello del Museo dello Swat, quello dei centri di accoglienza turistica prefabbricati presso i tre maggiori siti archeologici (Barikot, moschea di Udegram e Saidu Sharif), quelli stradali per gli accessi ai siti (Udegram: ponte in cemento e 3,5 km strada con fondo in cemento; Gumbat: 1 km sentiero pedonale; Saidu Sharif: 500 m strada asfaltata e recinzione in griglia di acciaio prestampata). A tutti i cantieri hanno partecipato gli operai locali, tranne che nelle fasi più complesse della costruzione del Museo (demolizioni controllate, fondazioni, alzato delle gabbie di acciaio antisismiche, solai e coperture, ecc.), nel montaggio dei prefabbricati e l'asfaltatura delle strade, per cui si sono assunte squadre specializzate.

I cantieri della lista di cui sopra (a-n) sono stati concepiti come cantieri scuola (da qui il termine di "field school") con esperti italiani dall'università di Padova (M. Vidale, M. Cupitò, M.L. Pulcini), Firenze (R. Sabelli), Bologna (F. Genchi), dall'ISCR (M. Vidale, E. Loliva), dal MIBACT (G. Morganti, R. Micheli), e dalla MAI (F. Colombo, F. Martore), come *trainers*. A questi, e agli studenti delle università pakistane (Quaid-e-Azam University, Hazara University) si sono via via affiancati i migliori tra i formati, inizialmente il nucleo di 15 operai con già 15-20 anni di esperienza nei cantieri della MAI. Il concetto fondamentale della metodologia applicata si traduce in una effettiva condivisione del lavoro. Se il vecchio scavo in trincea tipico del metodo Wheeler - ancor oggi dominante in Pakistan - prevede una lettura ex-

post della stratigrafia in sezione fatta dal direttore di scavo (per cui abbiamo gli operai che scavano e l'archeologo che interpreta) lo scavo stratigrafico in estensione prevede una assoluta condivisione delle competenze e delle esperienze. Ad esempio, l'esperimento tentato con successo a Barikot ha riguardato lo scavo in contemporanea per fasi di una superficie di abbandono in area urbana di oltre 6000 metri quadri (un dettagliato rapporto di scavo è stato pubblicato da poco: Olivieri et al. 2014). Lo scavo per fase su ampia superficie seppure operazione intellettualmente complessa, porta con sé una auto-spiegazione delle evidenze, che invece di essere tagliate nelle loro relazioni interconnettive, vengono rivelate nella loro interezza. Insieme di ambienti, corti, strade, drenaggi, sono stati messi in luce per intero nella loro fase di abbandono, datata da numerosi campioni al carbonio¹⁴ alla fine del III secolo d.C. Gli operai capivano quello che scavavano, perché lo vedevano e via via partecipavano in modo sempre più attivo ed autonomo alle fasi decisionali dello scavo (una sintesi di questa procedura è stata descritta in un recentissimo manualetto di *field archaeology for beginners* in Olivieri 2014). Una volta esposta l'intera area, la pianificazione di intervento non era più legata all'interpretazione dell'archeologo-scienziato, ma condivisa con gli archeologi-scavatori, essendo il dato visibile ed esposto all'elaborazione comune. Il significato e il ritorno di questa condizione sul piano della consapevolezza e dell'auto-percezione dello scavatore, e da qui al senso di appartenenza del bene archeologico all'interno della comunità dello stesso, credo si spieghino a questo punto da soli.

Restauro sostenibile e materiali locali

Se questo è stato l'approccio allo scavo, per analogia l'approccio al restauro conservativo si è rivolto ai materiali e alle competenze a questi connesse. Il restauro è spesso considerato un intervento da esperti - e questo va bene, deve essere così - con materiali complessi o costosi - e questo non va bene in ambienti come il nostro, dove trovare anche un sacchetto di grassello di calce è impossibile. I materiali complessi implicano, oltre al problema della reperibilità, anche la difficoltà di manipolazione. Inoltre si sentiva la necessità di proporre un modello di intervento eseguibile a basso costo, con chiari concetti metodologici, che potesse permettere in futuro alle agenzie governative di pianificare interventi in serie di mantenimento/conservazione su larga scala. Perché questa è la scala di grandezza che in via ordinaria l'amministrazione dei beni culturali si trova a dover gestire nello Swat, e in Pakistan in generale.

Si è cominciato quindi col ribaltare il processo di pianificazione e partire da ciò che un operaio-tipo dello Swat con esperienza di muratore sapesse *già* fare. La sua massima competenza è la muratura a secco, la produzione di intonaci e leganti a base di argilla e paglia, ma oggi ormai è anche e soprattutto l'impasto e la gettata del cemento. Si è partito da questo quindi. Al cemento si è sostituita la calce, che a seguito di analisi di resistenza si è rivelata un eccellente co-legante con argilla e paglia se in ratio 1:1:1. La calce spenta non è utilizzata né commercializzata e quindi si è dovuto utiliz-

zare la calce viva, usata nello Swat per imbiancare gli ambienti. Ovviamente - e questo ha rappresentato una parte importante dei cantieri, anche di scavo, si sono formati gli operai alle norme di sicurezza, sia dello scavo, centinatura, protezione, uso del casco, dei guanti ecc., ma anche della manipolazione (di calce, acidi, ecc.). In questo senso si è potuto aprire un piccolo stabilimento di campo per lo spegnimento della calce, in modo da avere ogni sei mesi, il quantitativo di calce necessario per i lavori dei vari cantieri. Quanto al materiale litico, si è scelto sempre il litotipo cui le maestranze erano abituate, a seconda delle zone di provenienza. A Gumbat il ripristino dei volumi a rischio di crollo è avvenuto con filladi locali, le stesse utilizzate per la costruzione del monumento: la distinzione dell'intervento è stato sottolineato dal sottosquadro (Fig. 1). A Barikot, il restauro delle mura era necessario per fermare il degrado e per legare in modo più sicuro una struttura muraria che con i suoi 160 circa metri di sviluppo e 3 metri di spessore era estremamente vulnerabile (Fig. 3). Qui sono state utilizzate lastre il più possibile, contro i ciottoli della struttura originale, separati in letti da materiale plastico (fogli di polietilene) in corrispondenza dei fori di deflusso, per evitare appesantimenti nei periodi delle piogge. Nonostante il materiale sia in parte differente, anche qui si è applicato il sottosquadro. Lo stesso sistema è stato adottato nei piccoli interventi all'interno dell'area di scavo a Barikot e ad Amluk-dara (Fig. 2).

Nei siti di Amluk-dara e Gumbat si è anche intervenuti a campione sul con-

Fig. 3
Tratto delle mura
urbane di Barikot (foto
L.M. Olivieri)



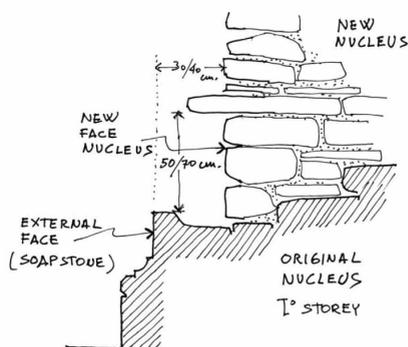
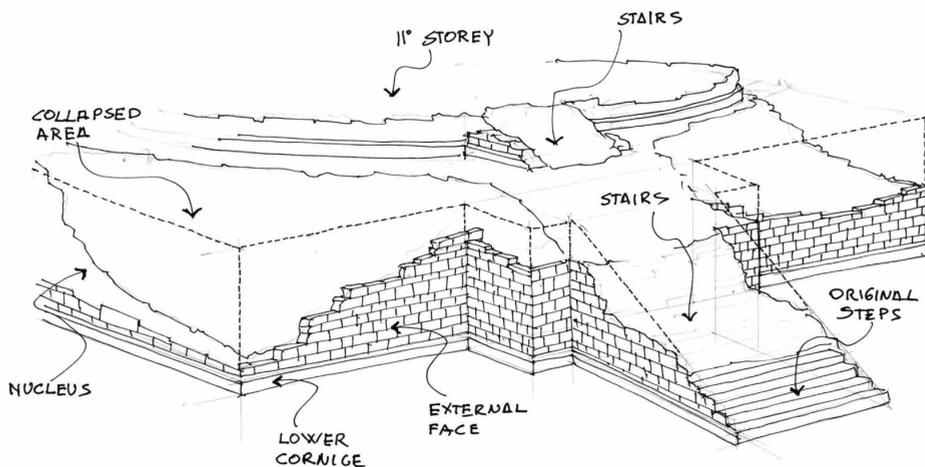


Fig. 4
Area sacra di Saidu
Sharif: schizzo descrittivo
dell'intervento
sull'apparato murario del
podio (F. Martore)

pagina a fronte

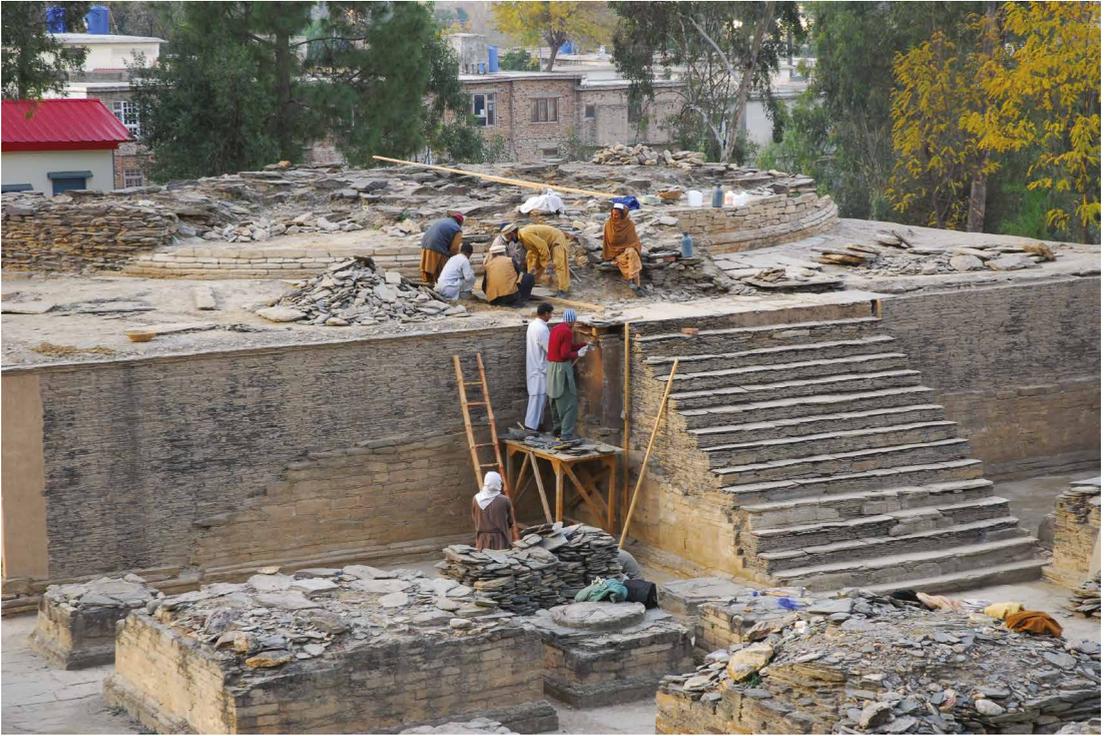
Fig. 5
Area sacra di Saidu
Sharif: fase di lavoro (foto di F.
Colombo)

Fig. 6
Area sacra di Saidu
Sharif: fase finale del lavoro sulla
scala del podio (foto di
L.M. Olivieri)

solidamento di urgenza degli intonaci policromi in situ con Microacril CV 40 (in media in soluzione di 5:1 in acqua), mentre lezioni di pulizia e consolidamento di manufatti metallici (incluse monete) e di manufatti ceramici e litici sono state condotte per alcuni operai nei laboratori della MAI.

Lo stupa principale di Saidu Sharif

L'area sacra di Saidu Sharif I (I-IV secolo d.C.) è stata scavata dalla MAI principalmente negli anni '70 (Callieri 1989, Faccenna 1995). L'area - consegnata alle autorità archeologiche locali - versava in stato di grande degrado, che era stata accentuata dall'essere stata destinata a campo da cricket dal governo talebano. Il progetto ACT ha quindi ripreso un vecchio progetto della MAI relativo il restauro conservativo del podio dello stupa principale, ormai ridotto a un cumulo digradante di ciottoli del nucleo, avendo come obiettivo il ripristino dell'alzato fino al massimo conservato all'interno dei dati offerti dallo scavo del monumento (Fig. 4). L'anastilosi dell'unica colonna conservata in crollo (Colonna C) delle quattro, inizialmente considerato, è stato accantonato per impossibilità di esecuzione, essendo il talco dei conci troppo malridotto e friabile per pensarne il rimontaggio. L'intervento si è quindi focalizzato sul risarcimento del paramento del primo corpo o podio, sulla scala di accesso, e sull'imposta del tamburo dello stupa (Figg. 5, 6, 7). Un accenno della seconda scala e della base della Colonna C (l'unica di cui lo scavo ha fornito posizione certa e dimensioni) sono stati realizzati per fornire al visitatore un'idea dei volumi. Un modello ricostruttivo filologico a scala 1:20 dello stupa è stato collocato nella nuova struttura del vicino Museo (Fig. 8). In corrispondenza della scala principale del monumento è stato anche proposto un esempio dell'intonaco con la sua modanatura superiore, ancora per offrire una lettura più "tridimensionale" del monumento. Il litotipo utilizzato nel paramento è diverso da quello originale. Il talco proviene infatti da zone di cava poco sicure, e il suo utilizzo avrebbe previsto l'impiego di squadre di scalpellini specializzati ovvero il taglio a macchina dei blocchetti. Si è preferito utilizzare





uno scisto pelitico, che seppure comune nell'area sacra non è stato impiegato nello stupa principale (tranne che per le lastre superiori del podio). La lavorazione dello scisto pelitico in lastre è stato eseguito in cantiere dagli operai con competenze specifiche e insegnato agli altri. Per meglio segnare l'intervento e renderlo leggibile al visitatore, si è comunque proposto un alzata in sottosquadro, su cui si è anche, come detto, in un'area selezionata, applicato l'intonaco e proposto un esempio di modanatura.

pagina a fronte

Fig. 7
Area sacra di Saidu Sharif: lavoro in corso sulle modanature e il lastricato superiore (foto di L.M. Olivieri)

Scheda tecnica (F. Colombo, F. Martore, G. Morganti)

Le operazioni di restauro e conservazioni degli elementi lapidei e le operazioni di intonacatura si sono svolte in tre fasi distinte.

1- Durante la prima fase, preliminare, di studio e progettazione è stata presa visione dello stato di conservazione del monumento in ogni sua parte, quindi è iniziata la ricerca dei materiali idonei per l'esecuzione degli interventi di restauro e conservazione. Si sono realizzati campioni di intonaco (parallelepipedi di circa 10 x 3 x 2 cm) utilizzando differenti miscele di inerte e grassello locale come legante. Sono state effettuate prove di consolidamento su materiale sporadico proveniente dallo scavo.

2- La seconda fase è stata caratterizzata dalla realizzazione di campioni di intonaco in situ. La malta è stata scelta analizzando i campioni eseguiti durante la prima fase.

3- Durante la terza fase sono stati eseguiti gli interventi di restauro e conservazione. L'intonacatura parziale ha una doppia valenza estetica e conservativa; oltre a dare volume e plasticità all'opera fornisce uno strato di sacrificio ed una protezione nei confronti degli agenti atmosferici. Il materiale lapideo originale del paramento è stato interessato da un capillare lavoro di pulitura, consolidamento e stuccatura.

Interventi

- a. rilievo fotografico di tutte le superfici;
- b. prelievo di campioni per le analisi chimico fisiche;
- c. macinatura e setacciatura degli inerti;
- d. macinatura fibre vegetali da usare come carica nell'impasto delle malte;
- e. stoccaggio e spegnimento della calce locale;
- f. rimozione depositi incoerenti;
- g. pulitura meccanica e chimica (acqua);
- h. pre-consolidamento;
- i. consolidamento;
- j. stuccatura;
- k. microstuccatura.

Materiali

- a. sabbia di fiume;
- b. polvere di mattone semi-cotto;
- c. argilla;
- d. calce;
- e. Microacril CV 40.

Attrezzatura

- f. spatole a foglia d'ulivo;
- g. cazzuole sia di provenienza europea che locale;
- h. bisturi;
- i. specilli a uso dentistico;
- j. pennelli;
- k. spazzole morbide;
- l. siringhe;
- m. spruzzini nebulizzatori;

Descrizione

Tutte le operazioni svolte sono state eseguite dal personale locale sotto la diretta e continua supervisione dei responsabili tecnici del progetto. I primi approcci con il materiale sono avvenuti nella sede della MAI fornendo un genere di pronto intervento di pulitura e consolidamento sui materiali provenienti dai vari scavi archeologici che giornalmente portavano alla luce oggetti tra i più disparati. Abbiamo quindi potuto testare su decine di oggetti con differenti caratteristiche materiche i consolidanti e gli strumenti più adatti per le prime fasi di pulitura.

La scelta di usare il Microacril CV 40 (soluzione di 5:1 in acqua) come consolidante è avvenuta per motivi di ordine pratico: facile trasportabilità (resina acrilica in emulsione con acqua), elevato potere penetrante e l'elevata stabilità verso gli attacchi micro-organici (resistente a muffe e funghi). Riguardo alla scelta per i componenti delle malte sono state eseguite molteplici mescole tra i vari inerti disponibili sul territorio. Non disponendo della possibilità di testare in laboratorio la durezza e l'elasticità della malta ottenuta la scelta è ricaduta inevitabilmente sulla mescola che, ad un semplice esame eseguito dai tecnici, cioè sottoponendo a vari tipi di stress i campioni, più corrispondeva alle qualità che desideravamo: media rigidità, media granulometria e buona compattezza.

La malta da noi scelta è una rivisitazione degli impasti che storicamente sono usati per le malte di allettamento e di rivestimento.

Usando quindi le stesse tecniche attualmente in uso per l'impasto, e le stesse per l'intonacatura civile, nell'architettura vernacolare, abbiamo proceduto con l'applicazione della malta per la porzione di monumento preventivamente scelta. È stata usata la massima accortezza in tutte le fasi di questa operazione che sono state:

- a. impasto delle malte.
- b. bagnatura delle porzioni di muro interessate.
- c. applicazione delle malte alla superficie muraria.
- d. fratazzatura a ferro.
- e. scialbatura (applicazione di malta liquida per mezzo di pennelli) a pennello preventiva alla formazione del cretto da ritiro.

Fig. 8
Museo dello Swat (Saidu Sharif): modello dello stupa di Saidu Sharif (modello realizzato da F. Martore; foto di Aurangzeib Khan)



f. protezione delle superfici umide con sacchi umidi e plastiche per evitare il cretto da ritiro.

La fase di pulitura del materiale lapideo è avvenuta a secco, con una meticolosa asportazione delle colonie vegetali (muschio, licheni, funghi) dopo aver eseguito una preventiva asportazione del materiale inerte e delle stratificazioni di terra compatta risultato delle percolazioni di acqua e fango in seguito alle abbondanti piogge locali.

Il consolidamento è avvenuto per mezzo di pennelli, siringhe e nebulizzatori manuali (spruzzini tipo giardinaggio). Le soluzioni di consolidante Microacril sono state applicate a rifiuto ed in più fasi sino ad imbibizione dei materiali.

Il Buddha di Jahanabad

Il grande Buddha di Jahanabad fu scoperto, per così dire, date le dimensioni, nel 1926 dall'esploratore anglo-ungherese Aurel Stein, poi studiato estensivamente dalla MAI (Filigenzi 2014).

Il monumento, una scultura rupestre colossale (6 (5.50) x 5.15 (4.20) m.) scolpita su una parete verticale di gneiss granitico, rappresenta un Buddha su trono ad alto podio. Il monumento si era conservato in eccellenti condizioni fino al 2007. Nel settembre di quell'anno fu oggetto di un duplice attacco, il secondo con cariche esplosive che causarono il distacco di quasi la totalità del volto, di frammenti delle spalle e di una porzione della roccia sovrastante (Fig. 9).

L'intervento conservativo si è trovato ad affrontare una serie di problematiche di varia natura:

- 1) Sicurezza: l'area è una delle poche nello Swat, che non possono considerarsi sicure al 100%, per questo motivo si è dovuto studiare una modalità di intervento leggero e rapido, che limitasse la permanenza sia degli esperti stranieri che del personale locale.
- 2) Logistica: la parte inferiore del rilievo si trova a 5 metri circa dal piano di campagna, la parte superiore, a oltre 10 metri. Esclusa la possibilità di poter lavorare in parete con assicurazione dall'alto, si è dovuto quindi costruire un'impalcatura lignea, che è stata mantenuta per tutta la durata dell'intervento (due sessioni di 2 settimane ciascuna) (Figg. 10, 11). Ovviamente la presenza dell'impalcatura ha costituito un problema di sicurezza e di controllo notturno, cui ha contribuito l'esercito pakistano.
- 3) Problemathe religiose: anche se l'intervento iconoclasta è stato un unicum nella storia del monumento, il lancio di pietre e fango contro il volto del Buddha è stato un fenomeno ricorrente negli ultimi 20 anni. È evidente che il restauro deve escludere la ricostituzione dei dettagli anatomici del volto per non essere percepito come offensivo da una parte della locale comunità.
- 4) Volumetria: l'intervento ricostruttivo del volto non poteva comunque essere eseguito per una serie di importanti fattori. Tutta la documentazione fotografica preesistente si compone di fotografie prese dal basso. Dal basso si ha l'impressione di una sostanziale armonicità, che risulta illusor-



ria una volta che si esplori il monumento orizzontalmente. La sola testa infatti corrisponde a 1/3 del monumento: la sproporzione è evidentemente voluta per compensare otticamente la percezione della figura da 10 metri più in basso e almeno 5 metri di distanza dalla parete rocciosa verticale. In attesa di un programma di scansione laser 3D, che avverrà nella primavera del 2015, e tenuto conto di tutte queste criticità, inclusa quella della relazione tra la comunità locale e il monumento, si è deciso di intervenire inizialmente con una medicazione della “ferita” piuttosto che con una procedura ricostruttiva, rispettando un minimo sottosquadro tra il riempimento del vacuum e il suo bordo (Fig. 12). Una volta eseguita la scansione 3D (Giuseppe Salemi dell’Università di Padova con l’assistenza di Danilo Rosati della MAI) si procederà alla ricostituzione del volume (F. Colombo e D. Rosati) senza - questo è l’accordo con la comunità locale - ricostruire i dettagli anatomici del volto.

Scheda tecnica (F. Colombo)

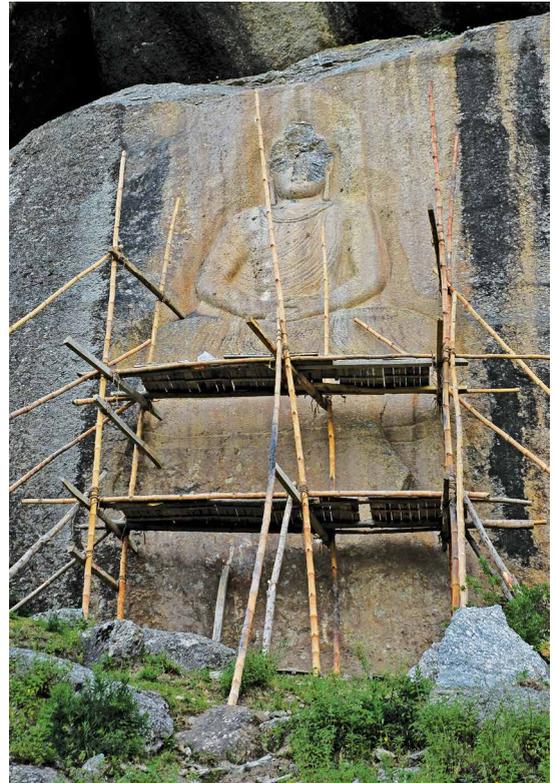
Stato di conservazione

A seguito dell’ispezione preliminare si sono osservate oltre le aree di distacco traumatico, ampie scalfiture sulla superficie causate dal lancio di pietre. Sono state individuate le perforazioni per l’esplosivo, presso le spalle. Diffuse microfrazture sono state individuate in tutta l’area periferica della zona danneggiata direttamente.

pagina a fronte

Fig. 9
Buddha di Jahanabad:
dettaglio del vacuum
(foto di F. Colombo)

Figg. 10 - 11
Buddha di Jahanabad:
dettaglio della
scaffalatura
(foto di F. Colombo)







Inoltre sono state individuate su tutta la superficie evidenze di deterioramento causate sia da percolazione di acqua piovana, che da cambi climatici. Queste hanno causato un'importante incidenza di fenomeni esfoliativi seguiti dall'attacco di licheni e micro-organismi.

Interventi

- a. Documentazione fotografica del monumento e delle procedure;
- b. pre-consolidamento delle porzioni più danneggiate con una soluzione di resina acrilica in micro-emulsione acquosa (Microacril CV 40 in 3 parti di acqua; 1:3; 25%);
- c. ricerca dei frammenti (rinvenuti 2 frammenti);
- d. trattamento dei frammenti: pulizia, consolidamento, ricomposizione (nei laboratori della MAI);
- e. rimozione meccanica dei depositi incoerenti su tutta la superficie e aree collaterali (spazzole, pennelli, spruzzini nebulizzatori);
- f. rimozione meccanica dei licheni (strumenti in legno) e spazzolatura della superficie affetta dall'attacco di micro-organismi;
- g. rimozione di tracce di fango e guano (strumenti in legno, spazzole)
- h. infiltrazione di resina (Microacril CV 40 in 3 parti of acqua; 1:3; 25%), tramite siringhe, in tutte le fratture;
- i. consolidamento generale (Microacril CV 40 in 3 parti di acqua, 1:3, 25%) applicata a pennello e ripetuta più volte;

pagina a fronte

Fig. 12
Buddha di Jahanabad:
il vacuum dopo il
riempimento
(foto di F. Colombo)

Fig. 13
Buddha di Jahanabad:
processo di riempimento
delle fratture
(foto di F. Colombo)

pagina seguente

Fig. 15
Area sacra di Gumbat,
veduta del cantiere dalle
spalle (foto di E. Loliva)







- j. infiltrazione di colla epossidica bicomponente UHU Plus tramite siringhe;
- k. riempimento ad infiltrazione delle cavità traumatiche maggiori con il medesimo bicomponente qui composto con polvere di talco (Fig. 13);
- l. riempimento dei vuoti maggiori con malta formata dalla miscela di tre aggregati locali (sabbia, argilla filtrata, polvere di mattone in soluzione 1:1:1); come legante è stata usata una soluzione di resina acrilica Primal in 20% di acqua (Fig. 15); il riempimento è stato rinforzato con porzioni di garza e, laddove il vacuum fosse maggiore, con schegge di mattone infiltrato in emulsione di Primal.
- m. scialbatura della stessa miscela di cui sopra, cui è stata aggiunta per motivi cromatici polvere di gneiss granitico, ripetuta tre volte; questa fase non ha ovviamente solo valore estetico, quanto consolidante;
- n. trattamento finale di tutta la superficie con soluzione di Microacril CV 40 in 5 parti di acqua (1:5) applicata a pennello.

pagina a fronte

Fig. 15
 Buddha di Jahanabad:
 processo di riempimento
 del vacuum
 (foto di F. Colombo)

Bibliografia di riferimento

Callieri, P. 1989, *Saidu Sharif I (Swat, Pakistan)*, 1. *The Buddhist Sacred Area, The Monastery*, IsMEO Reports and Memoirs, XXIII, 1, IsMEO, Rome.

Faccenna, D. 1995, *Saidu Sharif I (Swat, Pakistan)*, 2. *The Buddhist Sacred Area. The Stūpa Terrace*, IsMEO Reports and Memoirs, XXIII, 2, IsMEO, Rome.

Filigenzi, A. 2014, *Art and Landscape. Buddhist Rock Sculptures of Late Antique Swat/Udd ī yāna*, Österreichische Akademie der Wissenschaften, philosophisch-historische Klasse Denkschriften, 462, Verlag der Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.

Olivieri, L.M. 2006a, 'Outline History of the IsIAO Italian Archaeological Mission in Pakistan (1956-2006)', in Olivieri, L.M. (ed.), *East and West*, vol. 56, 1-3 (Special Issue for the 50th Anniversary of the IsIAO Italian Archaeological Mission in Pakistan), pp. 23-43.

Olivieri, L.M. 2006b, 'The IsIAO Italian Archaeological Mission in Pakistan. A Selected Bibliography (1956-2006)', in Olivieri, L.M. (ed.), *East and West*, vol. 56, 1-3 (Special Issue for the 50th Anniversary of the IsIAO Italian Archaeological Mission in Pakistan), pp. 301-318.

Olivieri, L.M., with others (2014) *The Last Phases of the Urban site of Bir-kotghwandai (Barikot). The Buddhist sites of Gumbat and Amluk-dara (Barikot)*. ACT Reports and Memoirs, 2, Sang-e-Meel, Lahore.

Olivieri L.M. (2014) *Digging up. Fieldwork guidelines for archaeology students*. ACT Reports and Memoirs, Series Minor, 1, Sang-e-Meel, Lahore.



Sacred well Sant'Anastasia, Sardinia (Pozzo Sacro Sant'Anastasia, Sardegna)

Borut Juvanec
*Institute of Vernacular Architecture,
Ljubljana University*

Abstract

Archeoastronomy as the science of using the Universe, planets, sun or moon - their positions and relations in space, with visual traces on Earth, is important also in architecture.

Some of waterwells were constructed by means of a construction system called corbelling, in which horizontal layers – in a dry stone walling system - overlap each other. It can be in a longitudinal shape (in staircases) or in circular form (in central rooms, called a false dome).

Sant'Anastasia 'pozzo sacro' is a circular stone construction in corbelling, with a staircase covered by corbelled elements. Its orientation is north-south. Citizens of Sardara use its water by means of an electrical pump but the original level of the water would have been to the first stair, about 75 centimetres. Archaeologists date the well in Sardara to the 12th century BC, to the Nuraghic culture (1700 BC to 238 BC).

Twice a year, the sun's rays pass through the staircase to the water level and are reflected back again through the circular opening in the top of the corbelled false dome. At the same time, the sun enters through the top opening of the chamber into the dome, touching the water surface. The angle of the construction means that it happens twice a year, on April 21 and at the end of August. The sun merging with the water and a sunbeam simultaneously rising out of the ground certainly provide a miracle.

There are five pieces of evidence of this: physical phenomena, the naming of the medieval church after the pre-Christian well, the name originates from 'anastasos' or 'ressurrection', miracle occurs twice a year, and it happens every year on the saint's name day.

Keywords: stone, dry stone walling system, corbelling, well, sun, miracle, Sardinia

Introduction

Architectural theory uses archaeoastronomy as important part: the use of the Universe, planets, sun or the moon - their positions and relations in space, with visual traces on Earth.

All the planets are theoretically spheres, and the rotating elements of the

opposite page

Fig. 9

Corbelled chamber: upstairs the top hole, in the centre stairs: the sun is coming from both entrances, with different effects

next page

Fig. 4

Sacred well outside: on the right side staircase, on the left the hole as the top of the corbelled chamber





Universe cast a shadow on Earth. The shadow constantly changes but appears twice a year in the same effect: once at the midsummer solstice and once at midwinter.

The oldest architectural structures are menhirs, rows of stones, circles, dolmens and other objects, which use orientation, exposed elements, openings and marked places.

While lines of stones can show, for instance, the same position of the sun over the year (Bailloud 1995: 3), a tumulus uses light, cast onto a special stone plate (Newgrange in Ireland; Peet 1912: f8). Rows of stones, composed into rectangles, can tell us more, for instance the shortest or longest day of the year. Such compositions can be found in Carnac, Brittany (Bailloud 1995: 65).

The most interesting constructions are circles, where the shadow of the sun moves gradually from one stone to another. The most important monument with this effect is Stonehenge in England, the purpose of which has not been established (Peet 1912: f1).

The shadow effect is not used only in prehistoric architecture. The architect of Chartres Cathedral designed certain windows to throw light onto a particular place on a particular date: the architect's birthday. Le Corbusier used certain numbers, derived from the golden section, for simplification of the work. Some of his projects (Notre Dame du Haut in Ronchamps, for instance) have the same effect as at Chartres Cathedral.

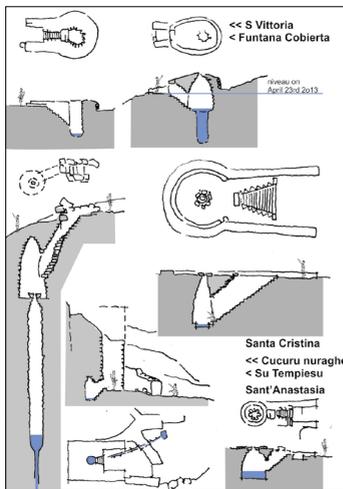


Fig. 1 Sacred wells in Sardinia: Santa Vittoria Serri as an open well; Funtana Cobierta (Italian: Fontana Coperta) near Ballao as a covered construction; Cucuru Nuraxi near Settimo San Pietro; Santa Cristina from Paulilatino; the holy spring Su Tempiesu, Orune and, finally, Sant'Anastasia in Sardara. Longitudinal sections and groundplans as viewed from above

Problematics

Water is crucial for our lives.

Running water is needed for all human beings. Saltwater is not usable for drinking; it can only be used for other things. It can be used for religious purposes - such as in Cucuru Nuraxi, Sardinia. Other wells, even religious ones, use more or less fresh water; rain water collected from the roofs and stored in underground cisterns is used.

Many wells can be found on the island of Sardinia and a lot of them are 'sacred', in use for thousands of years.

Water is very important, used even in pre-historical monuments and also used today. Sant'Anastasia, the well in Sardara, which is an important historical monument, is used for the everyday water supply of the village.

The wells in Sardinia date from Nuragic times (Lilliu 2006: from 1700 BC to 238 BC) but were used in the pre-Christian period, at the time of Classical Rome, as well as in medieval times.

The differentiation into underground wells and horizontal fountains is interesting. Numerous wells can be found in the literature: of 63 objects only 12 are sacred springs (fonti sacri), the other 51 are sacred wells (pozzi sacri).

Corbelling

Some of those objects are constructed by means of a system called corbelling, in which horizontal layers – in a dry stone walling system - overlap each other. In the wells of Sardinia, it is constructed in a longitudinal shape

(for staircases) or in circular form (in the central room, called a false dome). Corbelling, as the construction of space, can only be used with intelligence. Corbelling is a construction principle of composing horizontal layers of either dressed or undressed stones, which overlap each other to the top of the construction. In groundplan, corners and the problems associated with them are avoided with a circle (Juvanec 2013: 62). Corbelling constructs a false dome.

Orientation of wells

Wells are oriented in all directions from west, through south to east. This is very important: some of them are oriented toward the rays of the sun or moon.

The orientation shows the use of some physical phenomena of sight, mostly with the effect of a reflection from the water surface onto the walls. Some rare and unusual reflections have been understood as miracles.

The orientation has to be logical: nevieras or icehouses need shade and coolness at the entrances; wells need light on the staircases.

Wells are fairly deep, and usable sunbeams draw shadows onto the walls, stairs and even onto the water surface - if and when they reach it.

While the well of Sant'Anastasia is oriented strictly towards the north (from the entrance, though the stairs, to the top opening over the corbelled central room), other wells have different orientations.

Orientations found from west, through south to east, are very different.

Funtana Cobierta (Italian: Fontana Coperta) and Perfugas are oriented from west to east; Santa Vittoria and Santa Cristina are close to Sant'Anastasia or near to a south - north orientation; Sa Testa is the only well oriented from southeast to northwest.

So no single direction is most important, except south - north at the Sarda sacred well, used for the effect of the sun.

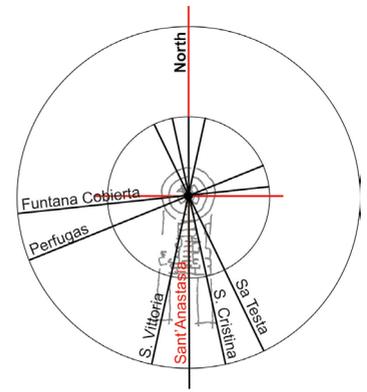
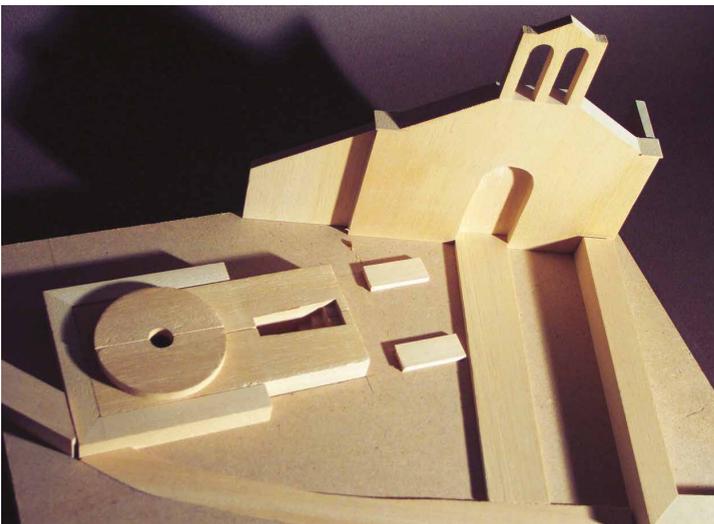


Fig. 2
Orientation of the wells: no two are the same. Orientation from the staircase toward the central cell (the hole on the surface)

Fig. 3
A view to the complex: sacred well from 12th Century BC with the church



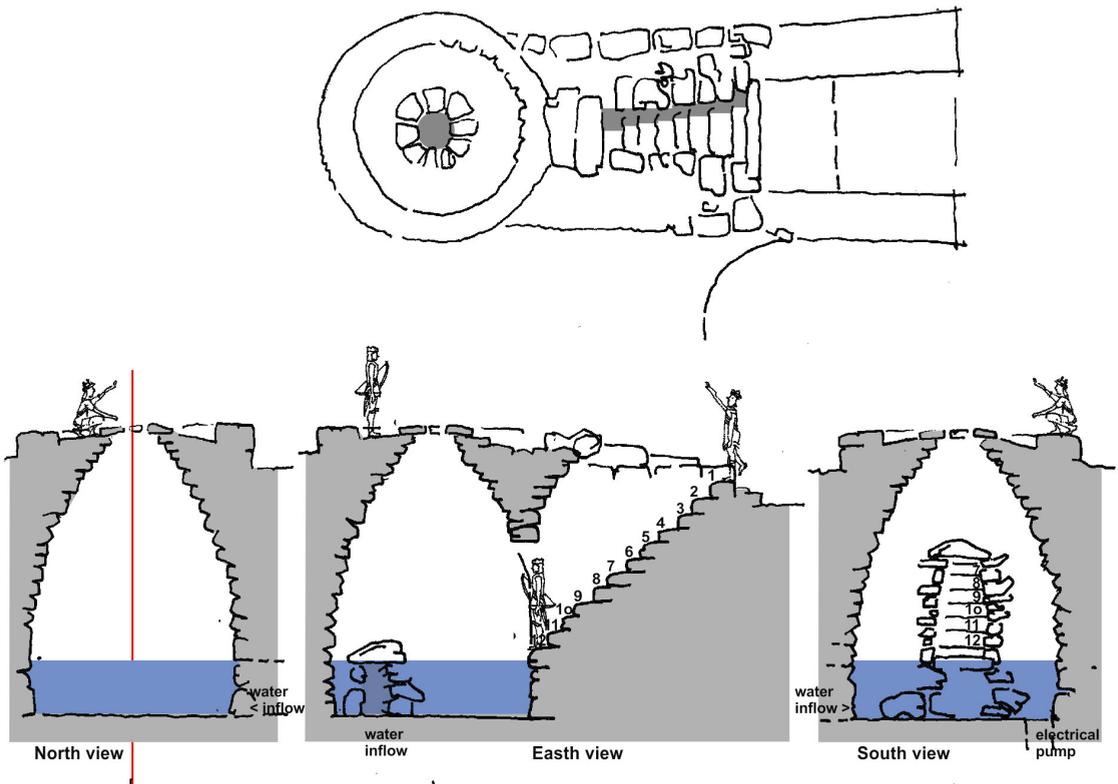
Wells and springs in Sardinia

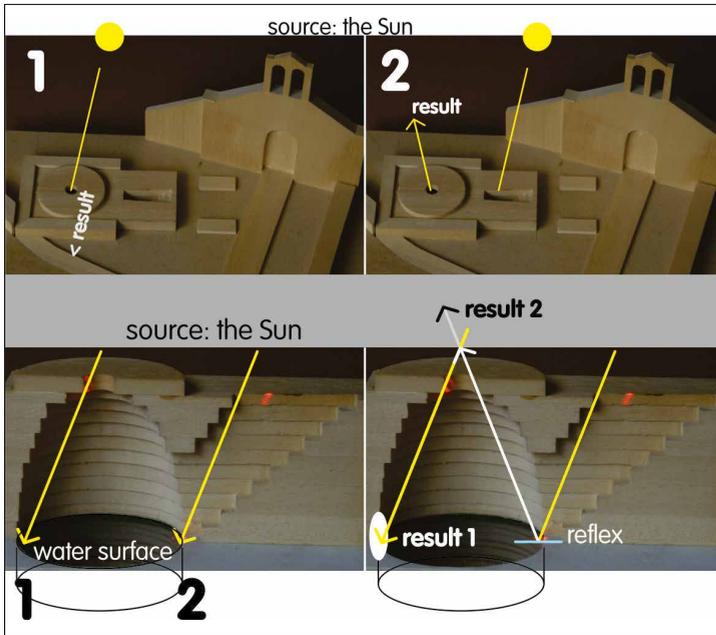
The composing elements of wells are: entrance as vestibule, staircase down to the water, main cell below the stairs, with an opening onto the upper level. The vestibule is an open space, encircled with a low fence, outlining a funnel in the longitudinal axis. The main chamber is circular, sometimes open and sometimes closed with a corbelled false dome. The stairs are in a single length down to the water level, with partial roofing - in longitudinal corbelling.

Wells are open or closed: with vertical walls in the main cell with an open view to the water, and enclosed wells with a corbelled construction, with a small opening at the top of the construction.

Pozzo sacro or sacred well is an underground well, using fresh water. These wells can be entirely vertical, or built in the dry stone walling system, without any cement or mortar, as a low structure, sometimes covered with turf. Such wells have a staircase down to the water level. The depth of water is from about metre and half (Funtana Cobierta) to more than six metres (Santa Cristina). The main structure is entirely circular, because of the construction: corbelling. The circular shape avoids problems with edges, corners in the groundplan; in cross-section it is a false dome, which enables the hole at the top.

Fonte sacro or sacred spring is a horizontal composition, with running spring water at ground level. While the holiest water in wells is collected en-





opposite page

Fig. 5
Groundplan and sections of Sant'Anastasia: on the left the north view, on the right the view to the south, to the staircase

Fig. 6
The sun enters through the entrance and through the top hole of the central cell: the result can be seen from outside both within the composition, on the northern face of the chamber (result 1) and in the hole (result 2)

tirely by hand tools (ladle or barrel), running water from the springs runs into a basin or over the edge into a channel to the people waiting for it.

The difference between a well and a spring is theoretically in the ceremony: while in a well only the priest touches the water (because of lack of space), as a mediator between the holy water and the people (technically the interface between god and the ordinary people), a spring is a widely social object, to which all individuals come for water.

The latter principle is used in the 'salla dei reunioni' (the common hall in a Nuraghe village), in which the socialization of Nuraghi culture reaches its peak - with equality in the space as well as in reality. It is a circular room with a bench around the wall: all are equal, in the same position and face each other.

The story is the same today: religious and civil government did not like too much socialization. So there were many sacred wells and only a few holy springs.

The most important or the most typical wells and springs are as follows:

Sacred wells (pozzi sacri),

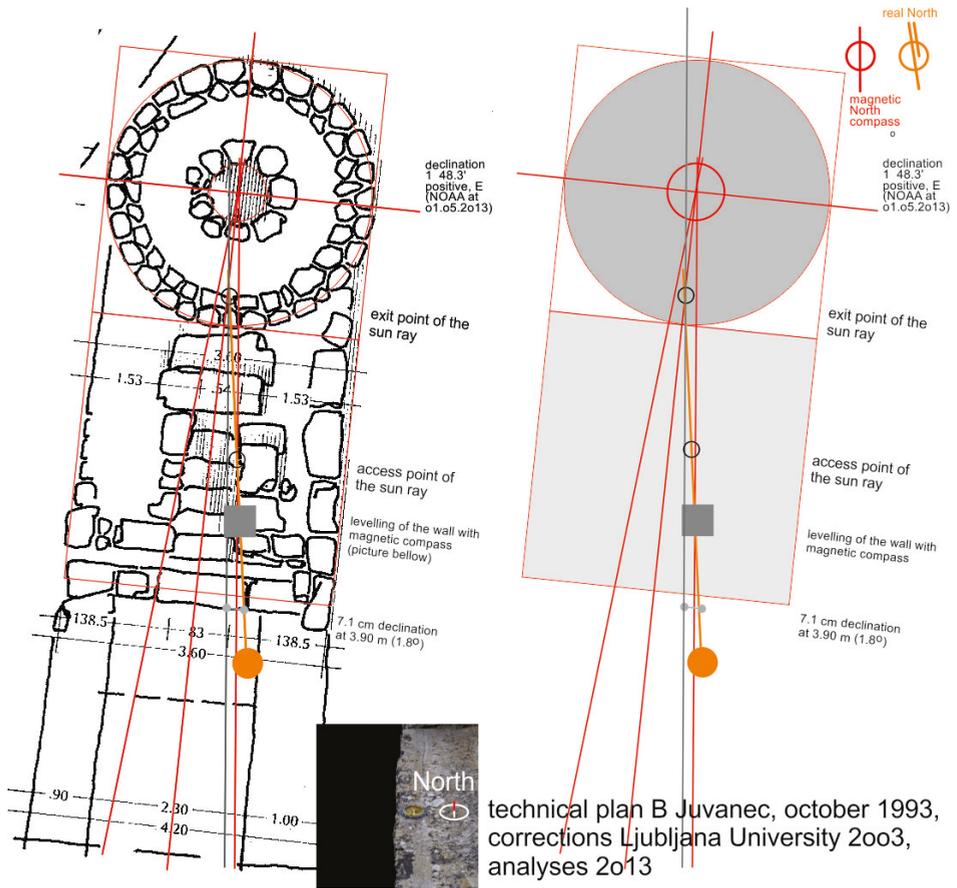
some of them, from north to south of Sardinia

Sa Testa, Olbia

Open well with clearly designed surroundings: outer fence, groundplan can be seen over a low stone wall, staircase and open circular well.

Pozzo sacro di Predio Canopoli, Perfugas

Underground well with open central cell with vertical walls, well executed stonemasonry work. Under reconstruction, but can be seen from the street.



Santa Cristina, Paulilatino

Perfect construction with elegant stonemasonry: the fence, accented groundplan with exact stone hole at the top of the central room; the staircase has been reconstructed but in keeping with the corbelling above it. The most important aspect is the design of the stones of the wall, which are inclined inwards - for collecting water. Archaeologists say it is from the 8th century BC (Lilliu 2006: 80). Some scientists believe that this well is closely connected to the moon (Cavedon 1992).

San Salvatore, Cabras

The well itself lies beneath sea level. The underground well has been rebuilt; its location now is in the cellar below the church (Anati 1985: 159). The underground body of the well is reflected in the hole in the ceiling - outside it is on the floor of the church. However, the church is smaller than the original Nuraghic monument. This well deserves professional reconstruction of the upper object, as well as a technical explanation for visitors.

San'Anastasia, Sardara

The sacred well lies in the middle of a small city, at the entrance to the church

ch. External elements are the staircase and the hole, encircled by a low stone wall, showing its groundplan. The inner room is corbelled, 4.6 metres high (Juvanec 2010: 36). There is still water in the well, which is used by the village people. It is described in the literature as a monument from the 12th century BC (Contu 1981: 128; Anati 1985: 146).

Funtana Cobierta, Ballao

This interesting well is located in the hills, far from any settlement or monument. It is built in oval form, one metre high, with a staircase leading to the water. In April 2013, the top of the corbelled construction had collapsed and the level of water was up to the top of the entrance staircase.

Santa Vittoria, Serri

The well is located at an archaeological site (Anati 1985: 230) with other monuments from the 9th century BC (Lilliu 2006: 66). It has an open central cell, well-preserved stairs, with good stonemasonry work.

Cucuru Nuraxi, Settimo San Pietro

This is the most interesting well technically. It is located near a nuragic settlement, on top of a hill, and is more than 30 metres deep. There is believed to be salt water at the bottom.

The central room is corbelled, as well as the top of the vertical shaft. In the middle of the central cell, over the top of the shaft, there is a sacrificial stone as an altar: circular, with a hole connecting the upper, public room with the water below.

The position of the well and the unusable liquid testifies to the religious purpose. The well is certainly a monument.

Sacred springs (fonti sacri)

Su Tempiesu, Orune

The sacred spring has water in a basin, covered by a corbelled construction on the interior; the exterior is a real building or 'house': with walls, sloped stone roof and fine elaborated details. Water flows from the sacred basin into a ditch in the sacred space encircled by a wall - evidently for clergymen only. Outside can be found another basin for the masses, for ordinary people.

There is an interesting similarity to some other wells in history: in Egypt, for instance, and Garlo in Bulgaria (Contu 1981: 129), dated to the 14th to 12th century BC.

Sant'Anastasia, description

Sant'Anastasia 'pozzo sacro' or sacred well is a circular stone construction in corbelling, with a staircase covered by corbelled elements. Its orientation is south to north. The citizens of Sardara use its water by means of an electrical pump but the original level of the water would have been to the first stair, about 75 centimetres. Archaeologists date the well in Sardara to the 12th century BC (Contu 1999: 128; Lilliu 2006: 69), into the Nuragic culture (1700 BC to 238 BC). It is the oldest well in Sardinia.

Technically, the well is composed by two cubes: the surrounding on the

opposite page

Fig. 7

The orientation of some wells from the entrance (staircase) toward the holy cell (the water). Drawing: Sant'Anastasia, Sardara with orientation from south to north (magnetic north pole)

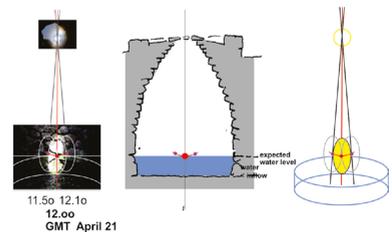


Fig. 8

Groundplan: faced towards magnetic north by the upper longitudinal edge of the entrance (in the lower section is the azimuth compass). Geographical north at 39° 37.00 north and 8° 49.11 east has its declination at +10° 48.3 (according to NOAA data: National Geographical Data Center USA on 01.05.2013)

opposite page

Fig. 10

North direction and the time (13.00 DST = 12.00 GMT + 1 hour)

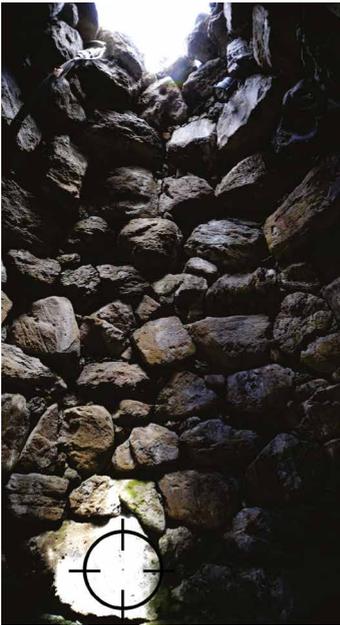




Fig.11
Result no. 1 on the north face of the chamber: on the left north, in the middle photo of the effect on April 23rd 2013 at 12.00 (actually at 13.00 DST, Daylight Saving Time - 1), and on the right the track of the sunbeam at ten minute intervals (11.50, 12.00 and 12.10 in real time DST -1)

next page

Fig.12
There is no evidence of the originality of the small hole in the stone, in the middle of the effect – but the position is genuine



ground with the hole in the centre lies in one, and the staircase in the other. The chamber, centred on the hole at the top, is circular in groundplan, in cross section it is typical corbelling in undressed stones. The hole through which the water enters the well is covered by a lintel, the same as at the main entrance.

The staircase has 12 steps: the covering structure is made of corbelled lintels, until the seventh stair.

This well has typical elements for such objects in Sardinia, in both construction and composition.

There is a little confusion about the name and the gender of the saint: in Acta Sanctorum can be found St. Anastasio on April 21st (Henschenio 1865: 847); in Bibliotheca Sanctorum 20th April (il Sinaita, Bibliotheca Sanctorum 1961: 1060) and 21st April (Antiochio, 1961: 1066); the Encyclopaedia of the Early Church says Anastasius Cagliari 19th April, and Anastasius the Sinaite 21st April (Bernardino 1992: 658 and the latter one 37); Anastasios of Sinai is also mentioned in The Oxford Dictionary of Byzantium on April 21st (Kazhdan 1991: 87).

However, the Catholic church celebrates the name day of Sant'Anastasia in Sardara at the end of December. If the date was changed - to override the pre-Christian event (1200 years before Christ) – it is possible they also changed the gender of the saint: from Anastasio to Anastasia. Such things happened not infrequently in Catholic history.

Facts and speculation about the action

Twice a year, a sunbeam enters through the staircase to the water surface and is reflected back again through the circular opening in the top of the corbelled false dome. At the same time, the sun enters the dome through the top hole, touching the water surface in the body of the well.

This uses a sophisticated idea: a physical phenomenon, such as a reflection from water, a sunbeam on a particular day, can be used as a miracle (Juvanec 2013: 54).

Sant'Anastasia, the sun

Different aspects of the sun can be used: its position in the sky and the shadow or beam it casts on the earth. When talking about the sun and water, it is very important to realize that a dark water surface gives the same result as a mirror.

The angle of incidence is the same as the angle of reflection. The course of the sun and moon has long been familiar to experts, who have been able to use this phenomenon for various purposes. Historically, such things are not produced by ignorant people and an object with a clearly demonstrable physical phenomenon is worth using: by its owners, by leaders. Some phenomena can be predicted and can be explained to the unlearned masses as a miracle (Juvanec 2010: 38).

Result

The sun emerging from the black Earth – seen outside - and, on the other side, touching the water surface inside, can only be a miracle.

The question is whether this well was constructed to use the beam on a particular day, or whether the beam emerged on this day 'by chance', unplanned. A clever builder could have known the physical phenomenon and planned it all, or the well may have been named after the appearance of the miracle (Juvanec 2010: 39). The result is the same.

Because of the angle of construction, it happens twice a year, on April 21 and 21th of August.

This effect was tested on April 23, 2013, close to the exact dates.

Five elements of proof

The evidence is provided by physical phenomenon, naming the medieval church after the pre-Christian well, the phenomenon occurs every April 21, so the miracle happens every year on the saint's name day, the name originates from the word 'anastasos' or 'resurrection'.

1. The physical phenomenon of the light beam: the incoming beam on a mirror surface has the same angle as the outgoing beam.
2. Sant' Anastasia is the patron saint of the nearby church (built more than two millennia later), clearly named after the pre-Christian sacral monument.
3. This phenomenon can be observed every year on April 21 and on August 21.
4. April 21 is the name day of the saint.
5. The name Anastasia and Anastasos has its origin in Greek 'anastasis':



something that rises. It means literally '**resurrection**', according to The New Testament Greek Lexicon (www.searchgodsword.org /October 14, 2003). I found the same in the Catholic Encyclopaedia, on the internet, on 20 October 2003.

Given such evidence, the event cannot be any coincidence.

Conclusions or need for restoration and presentation

The wells of Sardinia are so unique in European culture that the European Union should recognize them as an essential part of its culture, important for all European architecture, for the European people as a whole, not just in terms of culture but also for their contribution to the local economy (Juvanec 2010: 46). **It could be listed into the UNESCO List of World Heritage as a system, not only as details.**

Outside the well in Sardara, there is a well-preserved archaeological site with metal galleries; inside, though, the pump, electrical wiring and pipes are visible. Archaeologists made their work perfectly, technicians did not.

Entire Sardinian project

In relation to religious ceremonies, could the miracle stimulate cultural tourism (Juvanec 2010: 46), with a festival on the old name day of Sant'Anastasia (April 21st) as well as thematic paths over the Sardinian island: a sacred wells trail.

The entire island of Sardinia is a real open air museum. It needs organization, an information system and open access to the monuments throughout the year. General information and organization are the main problems of archaeological and museum sites today. This could be executed very simply with help of smart phones and computers and shows new ways in open air museums.

Informative indications on the place

Some restoration works had been already done: in comparison of Sardara Museum, which is an excellent work in architectural and in museum sense, the steel construction of runways have not such perfect details – anyway, they work properly. Technical details, like electrical installations and pipe fittings (now they are all visible!) would be improved.

At least a technical information about the miracle would be explained on the boards outside and in the exhibition hall.

Presentation of physical event would be illustrated by the laser beam (in steps, from the current-time to the real-time presentation, with laser point or simulation of the shadow), and the projection indications of the essential points on the stones (without any physical marks) would be preferable.

'Sardinia - open air museum' would be very large project and not cheap, but the investment could be returned in a few years. It would be an economically sound investment.

Scientists can do their work; some of it is already done, mostly in archaeological sense. The next step is up to Sardinians.

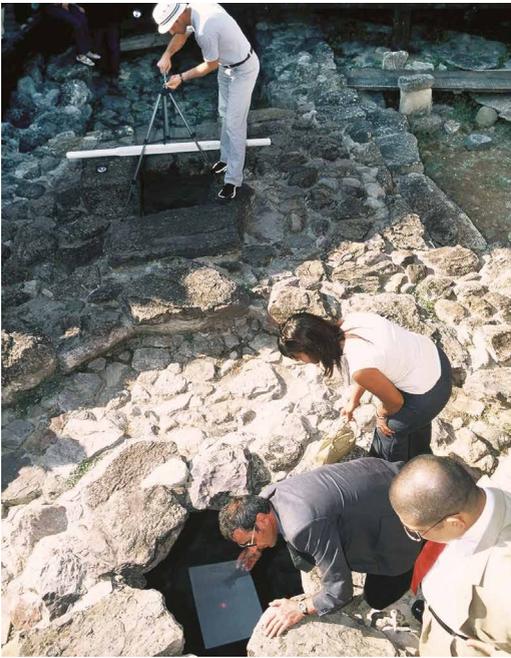
opposite page

Fig.13

Measuring of the well.
The team of Ljubljana
University: Borut Juvanec,
Domen Zupancic, Domen
Kusar, Edo Wallner, 2003
(Tomaz Novljan)

Fig.14

Interview at the well
for the RAI, Sardinian
television 2003 (Tomaz
Novljan)



Bibliography

1961: Bibliotheca Santorum, Universita Lateranese, Roma

Anati, E ed 1985: I Sardi, la Sardegna dal Paleolitico all'eta Romana, Jaca Books, Milano

Bailloud, G et al 1995: Carnac, Les premieres architectures de pierre, CNRS Editions, Paris

Bernardino, di A 1992: Encyclopedia of the Early Church, James Clarke, Cambridge

Casti, D 1982: Sardara, il culto delle acque. Il pozzo sacro di Sant'Anastasia e la sua chiesa, Il punto, Firenze

Catholic Encyclopedia: St. Anastasia, <http://newadvent.org/cathen/01453a.htm> (at 20.10.2003)

Cavedon, M 1992: La luna nel pozzo faceva Capodano, in: Corriere della serra 16 giugno p 32, Roma

Contu, E 1999: Pozzi sacri, ipotesi ricostruttive, in: Sacer N6, Sassari

Contu, E 1981: L'architettura nuragica, in Ichnusa, Libri Scheiwiller, Milano

Depalmas, A 2005: Luoghi di culto e santuari della Sardegna nuragica, in: Histria Antiqua 13, 39-47, Pula

Fernandes, I Reyes E 2009: Geometria con el hexagono y el octogono, Grupo Proyecto, Armilla

Henschenio, G 1865: Acta Santorium Aprilis, Apudvictorem Paleme, Parisiis Romae

Juvanec, B 2005: Kamen na kamen, 12 Ljubljana

Juvanec, B 2008: Chozo de Extremadura, joya en piedra, ARTE Caceres

Juvanec, B 2010: Pozzo sacro Sant'Anastasia, bien sacro en Cerdena, in: Piedras con raices 28, p 34 - 48, Caceres

Juvanec, B 2012: Architectural Theory: Order and Reality, ISIS Congress, Symmetry, Art and Science, p 68 - 73, Melbourne

Juvanec, B 2013: Architecture of Slovenia 5, The Karst, University Ljubljana

Juvanec, B 2014: Transformation between Corbelling and Lintel: Abrigo and Espigueiro, in Correia, M et al edd. Vernacular Heritage and Earthen Architectural Contributions for Sustainable D evelopment, CRC Press London

Kazhdan, A ed 1991: The Oxford Dictionary of Byzantium, Oxford University Press, Oxford

Laner, F: Astronomia nella Sardegna Preistorica, in Archeologia Nuragica

Lilliu, G 2006: Sardegna nuragica, Il Maestrale, Nuoro

Melis, P 2003: The Nuragic Civilization, Carlo Delfino editore, Sassari

Peet, E 1912: Rough Stone Monuments and their Builders, Harper & Brothers, London (Guttenberg 2002)

Rassu, M 2002: La Geometria del Tempio, Edizioni Grafica del Parteolla, Dolianova

Sirigu, R 2003: Sant'Anastasia: storia degli scavi, in Archeologia a Sardara, Da S. Anastasia a Monreale, Quaderni didattici 11, Cagliari

Taramelli, A 1918: Il tempio nuragico di S. Anastasia, in Monumenti Antichi dei Lincei, XXV, coll. 5-106

Ugas, G. Usai, I. 1987: Nuovi scavi nel Santuario Nuragico di S. Anastasia di Sardara, in Un millennio di relazioni fra la Sardegna e i paesi del Mediterraneo, Atti del II Convegno di studi, Provincia di Cagliari - Assessorato alla Cultura, Cagliari

Usai, I 2003: Sant'Anastasia: L'area archeologica, in Archeologia a Sardara, Da S. Anastasia a Monreale, Quaderni didattici 11, Cagliari

Zupancic, D 2004: Sardinia, Architecture of Stone, University of Ljubljana

Zupancic, D 2009: Symmetry of Corbelled Stone Structures: Sacred Wells in Sardinia, in: The ISIS Journal p. 272 - 275, Melbourne



Prolegomena to the Preservation of the Site of al-Wu'ayra (Petra, Jordan) and to the Restoration of the North-East Tower

Andrea Vanni-Desideri
*Mediaeval Petra, Archaeology
of the Crusader-Ayyubid
settlements in Transjordan,
SAGAS Department,
University of Florence*

Mauro Sassu
*Department of Energy,
Systems, Territory and Con-
structions Engineering
(DESTEC), University of Pisa*

Abstract

The authors describe the importance of the site of al-Wu'ayra, at the east border of the ancient town of Petra (Jordan) where the Archaeological Mission "Medieval Petra" (University of Florence) is working since 1986. From the archaeological point of view, the physical conformation of the site is the main condition for the formation, during nearly two thousand years, of a highly significant archaeological deposit with a continuous chronological extension from Nabataean time up to Late Islamic and a high scientific potential. On the other hand, the site itself preserves the only still standing 12th century tower of the whole area of Petra, thus being a very significant element of the historical landscape and the only monumental evidence of a short but important season of the long history of the town. During the last three decades, the addition of human disturbance to the spontaneous and natural decay of buildings makes urgent a restoration and a protection programme for the whole site.

Archaeological deposit and historical landscape: from formation to deterioration

The University of Florence archaeological mission *Mediaeval Petra: Archaeology of the Crusader-Ayyubid settlement in Transjordan* started working in 1986 aiming at studying the features of the mediaeval and post-mediaeval settlement in the area of Petra. The site of the Crusader castle of al-Wu'ayra, North-East of the town and along the road to Beidha (fig. 1, 2), was chosen as one of the most promising site for the purpose of the research, due to its wide diachronic extension of archaeological deposits, altogether with the minor installation of al-Habis, in the midst of the ancient town.

Recent campaigns provided more precise data and significantly amplified the chronology of the site of al-Wu'ayra contributing to clarify its pre-Crusader phases (Vanni Desideri, Leporatti, 2014). It is now sufficiently clear, even though the study is still in progress, that during a first phase a Nabataean necropolis/sanctuary took place at the site, as part of the network of open air religious installations around Petra (Alpass, 2013). The necropolis was accurately arranged in a very articulated topography including groups of rock cut tombs connected by a net of pathways and rock cut stairways,

opposite page

Fig. 1
NW view of the North-East tower of al-Wu'ayra (A. Vanni-Desideri 2013)

next page

Fig. 2
NE view of the site of al-Wu'ayra (A. Vanni-Desideri 2013)

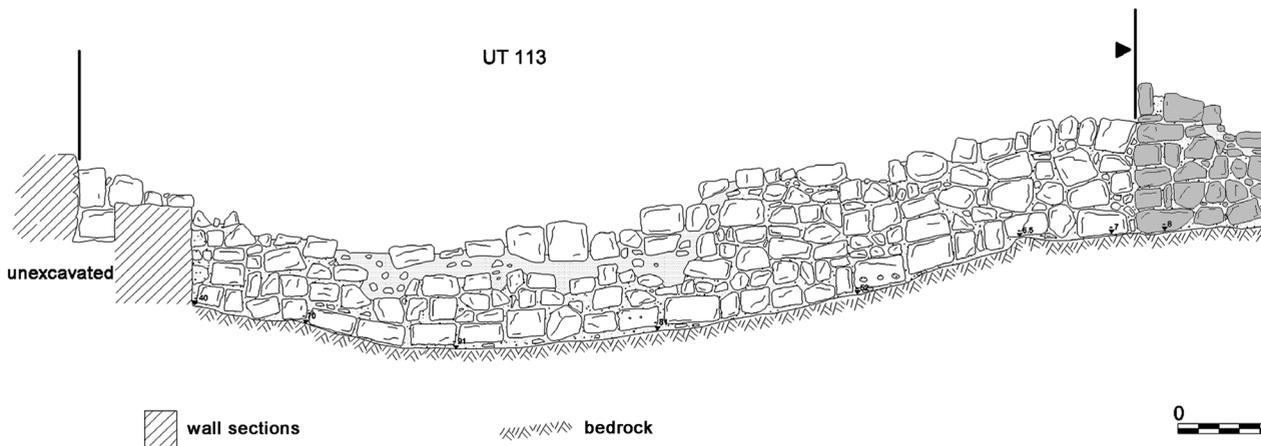




Fig. 3
The external West wall of UT 109 as the result of progressive increase, from right to left, of the number of dwelling unit starting from UT 115. Survey by E. Donato and A. Vanni Desideri (1998)

leading to platforms of liturgical purpose. More precise and articulated data have been collected for the late antique chronological horizon, when the site turned into a settlement, maybe of military use, through a series of complicated hydraulic achievements meant at providing energy apparently for the mechanical needs of the building yard. The foundation of Crusader al-Wu'ayra ("Li-Vaux Moyses") took place certainly after the foundation of ash-Shawbak ("Mont Réal") in 1115 (Vannini-Vanni Desideri, 1995), and some authors suggest after 1127, during the rule of Baldwin II (1118-1131) (Pringle, 1998, p. 374). But taking into consideration the similar and peculiar building procedures of the two castles – among the others, the way they take advantage of late antique installations and masonry, pointed out by the Mediaeval Petra mission (Vannini, Nucciotti, 2009) – an earlier date is plausible. Besieged in 1158 by an Egyptian military unit, definitely fell into Saladin's hands between 1187 and 1189, after the defeat of Hattin (Ligato, Vannini, 2009) and its military function ceased forever. The later history of the site relies only on archaeological records.

Despite its poor preservation, the site is the result and the document of a long succession of events and, at least at a certain length, an artificial product of the peculiar behaviour of dwellers during the last seven centuries (Vannini, Vanni Desideri, 1995). In Ayyubid and Early Mamluk time inhabitants from the surrounding area simply reused the surviving structures of the most important and durable buildings. Later on, when the natural decay of such buildings started, due to the loss of maintenance (or/and to external causes, such as earthquakes) producing the first spontaneous collapses, the archaeological data show the first attempt of collecting (or disconnecting) architectural materials from the castle in order to build up small new houses with dry stones. This phenomenon is particularly clear in UT 109 where a sequence of dwelling units (fig. 3) started taking advantage of the already damaged southern wall of the church and lasted until Late Islamic time (Tonghini, Vanni Desideri, 1998) (figs. 4-5). The present poor preservation of the site is then, at least partially, induced by human disturbance interfering with the natural tendency towards the static equili-



brium between collapsed materials and still standing structures. Dwellers behaviour certainly accelerated the decay of the buildings of al-Wu'ayra. The modern landscape of the site of al-Wu'ayra - a true close universe of archaeological data due to its physical structure, efficaciously expressed by the Arabic name of the site, meaning "inaccessible place" – is the product of a number of successive events, some natural and spontaneous and some produced by dwellers. In fact the amount of human traces at the site, dating from Nabataean up to Late Islamic time, as the "Mediaeval Petra" mission already pointed out (Vannini, Vanni Desideri, 1995; Tonghini, Vanni Desideri, 1998 and Vannini et al., 20002), is the product of a number of deliberate artificial actions which brought artefacts to the site or transformed it, thus producing and increasing its archaeological archive. On the other hand, such data were only partially removed by natural subtraction (collapses, landslides et cet.) and the history of the site is then almost completely preserved *in situ* in term of amount of archaeological elements. The scientific productivity of the archaeological archive of al-Wu'ayra is very efficaciously expressed by the preliminary typological reference atlas for stone dressing techniques and types of masonry achieved during the archaeological campaign and assumed as a diagnostic instruments for the chronology of the various phases of the site and the development of the settlement (figs. 6-8).

Among the first photographic records of the landscape of al-Wu'ayra, the picture taken by Ritter and Zepharovich in 1908 (Dalman, 1908, fig. 18) is probably one of the earliest. It shows a skyline marked by the surviving part of the presbytery of the church, half of the West tower and the North-East tower. It was exactly on such basis that it was possible to Savignac (1903) and Musil (1907) recognizing the spot of the abandoned castle and drawing survey of its plan and of the major surviving buildings, altogether with a first interpretation of the topography of the keep.

Some structure, such as the apsidal portion of the church was still partially readable in the thirties (Deschamps, 1939) but since the beginning of the research by the University of Florence, the landscape of the site underwent

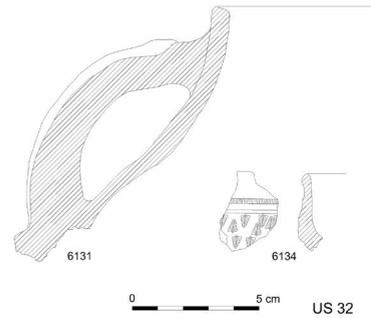


Fig. 4
UT 115, the first dwelling unit built in post-Crusader time beside the church (A. Vanni-Desideri 2000)

Fig. 5
Pottery and tobacco pipe dating the abandonment of UT 115 to Ottoman time (drawings by A. Vanni-Desideri 2000)

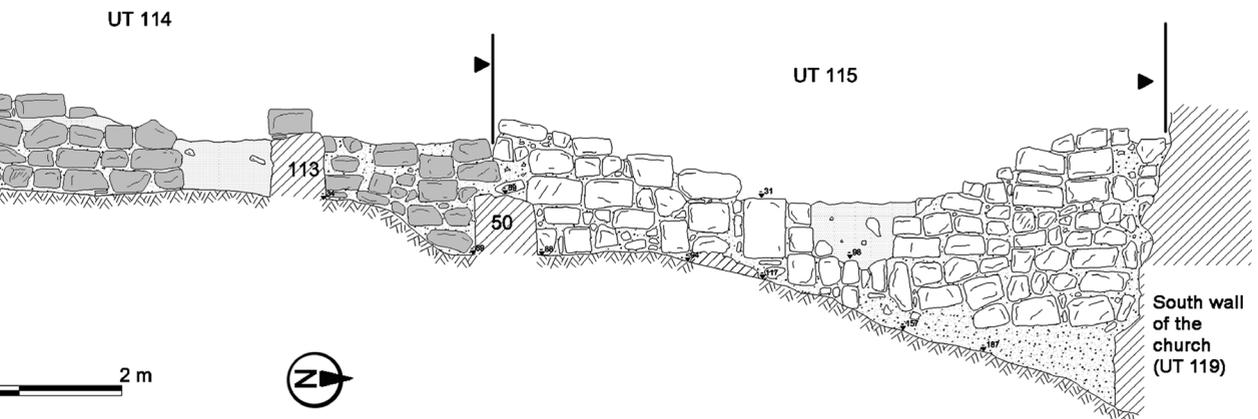


Fig. 6
Chrono-typology
of stone dressing
techniques at al-
Wu'ayra (A. Vanni-
Desideri, E. Donato
1998)

opposite page

Fig. 7
Detail of the West
wall of the West
tower showing the peculiar
application of plaster
protecting the joints
of the masonry (A.
Vanni-Desideri 2011)

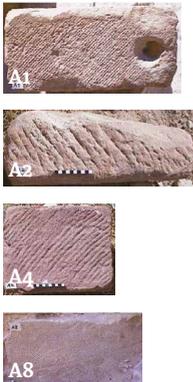
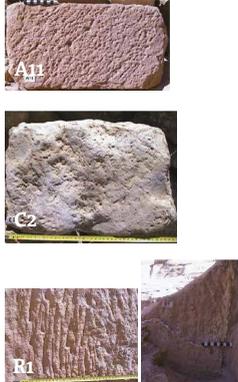
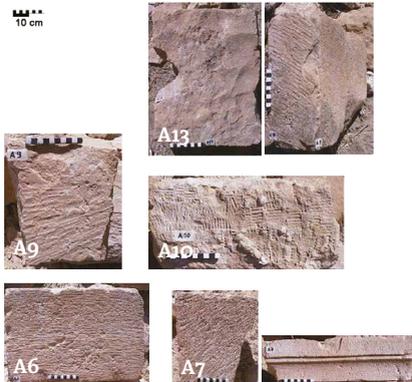
Fig. 8
Chrono-typology of
masonry arrangement
techniques (A. Vanni-
Desideri, E. Donato
1998)

to substantial changes and during the next decades, the already poorly preserved mediaeval and post-mediaeval structures were affected by progressive collapses produced by the extreme and rapid climatic changes in terms of temperatures, wind and relative humidity (heavy rain and rare snow during fall-winter, followed by dry and hot weather during late springtime and summer) as well as by artificial disturbance.

In the case of the West tower, the invasive application of plaster protecting the joints of the masonry, still visible on the external face (fig. 7) was probably a countermeasure of the builders of the castle in order to protect the joints against weathering. Nevertheless, the ground plan, the volume and some architectural features of the tower, certainly one of the most important building of the whole settlement, still visible during the 1987 archaeological campaign, today are hardly recognizable as the north and west arrow slits.

A first attempt to solve some of these problems was the restoration accomplished, at the end of the last century, with a strictly conservative procedure in the area of the South churchyard (fig. 12). But later on increasing robber activity and vandalism caused even more painful damages to the site (fig. 11). A number of illegal trenches aiming at discovering archaeological 'treasures' are now scattered in the west, and more hidden part, of the site, produced by well equipped and technologically updated groups, like the one occasionally met by the author during the 2013 campaign. This fact involves directly the efficacy of official controls along the eastern boundary of the Petra Archaeological Park, only active during the morning. But also vandalism is now affecting the site damaging the few and already poorly preserved structures. During the same 2013 campaign the author noticed people climbing the North-East tower producing the disconnection of stones from the walls, exposing the nucleus (the weakest part of the masonry) and accelerating its collapse.

al-Wu'ayra stone dressing techniques

Romano - Nabatean	?	Late Roman - Byzantine?	Crusader
 <p>A1 A2 A4 A8</p>	 <p>A3</p>	 <p>A11 C2 R1</p>	 <p>10 cm A6 A7 A9 A10 A13</p>



0 1 m

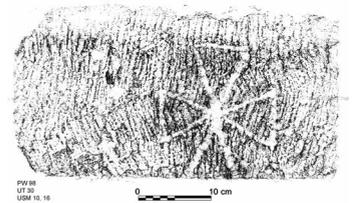
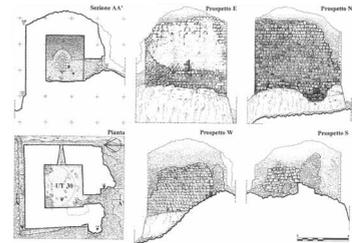
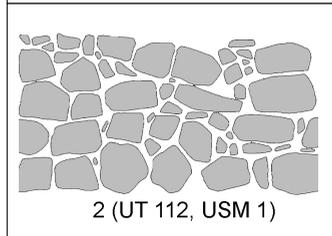
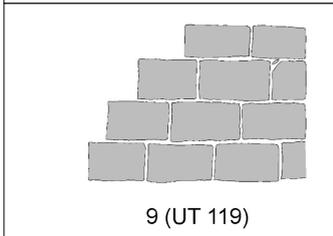
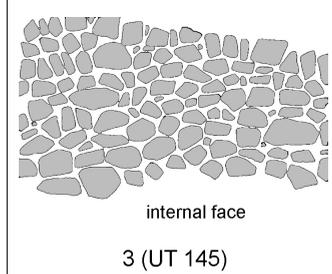
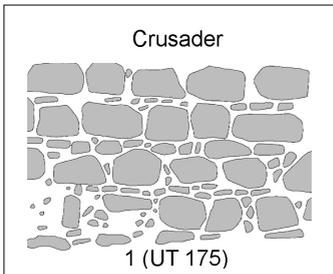
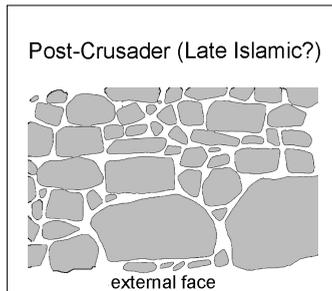
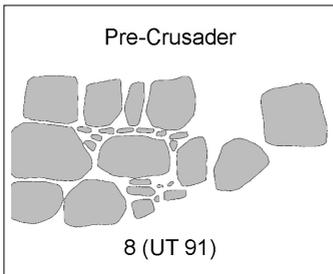


Fig. 9
Survey of the NE tower
of al-Wu'ayra

Fig. 10
Stone block from
the arrow slit of
the NE tower with
an engraved cross.
Frottage by A. Vanni-
Desideri 1998

Notes for a restoration and protection programme

The site of al-Wu'ayra is located inside the boundary of the Petra Archaeological Park, owned by the Hashemite Kingdom of Jordan, and was acknowledged in 1985 by UNESCO as a World Heritage Site with identification number 326 (<http://whc.unesco.org/en/list/326>) explicitly quoting also the castle of al-Wu'ayra, along the road connecting the town of Wadi Musa to Beidha. The archaeological area of Petra, including the site of al-Wu'ayra, has been protected since the first Antiquities Law of 1924, more recently by the Jordanian Law of Antiquities no 21 (1988) and specifically by Law Number 15, issued in 2009 by the Jordanian Government, establishing the Petra Development and Tourism Regional Authority and the Petra Archaeological Park. Being al-Wu'ayra exposed to progressive spontaneous collapse and recently also affected by illegal human behaviour, a restoration project of the tower should also aim at improving and extending the protection to the whole site which contains a nearly exhaustive and complete anthology of archaeological data covering most part of the history of Petra, from Nabatean up to Late Islamic time, as the research of the "Medieval Petra" mission has recently pointed out in a more clear way.

The site is accessible to the public, but despite its position inside the boundary of the Petra Archaeological Park the control of the admission ticket (the same of the Petra area) is insufficient. In fact illegal excavations and robbing activities, also aided by sophisticated equipment (metal detectors et cetera), as well as vandalism recently started affecting al-Wu'ayra, exposing the site to increasing danger. Thus a more strict, efficacious and continuous control of the access to the site is strongly needed to prevent the damaging of such an extraordinary but fragile site, even through physical measures (for instance the installation of a gate).

Today the North-East tower of al-Wu'ayra is the only surviving building of the castle and the only 12th century still standing tower in Petra. It also preserves its volumetric features and a completely preserved ground floor (fig. 9-10). Moreover its strategic position, along the road leading to Beidha from Wadi Musa, makes the monument a real and evident landmark, part of an historical landscape formed in the 12th century and in imminent danger: delaying its restoration would reduce drastically the possibility of success of any preservation programme (fig. 2).

The al-Wu'ayra masonry structures are characterized by sequences of almost regular stone bricks and layers of small pushed fragments, to improve the regularity of the texture (fig. 1). The internal part of the walls are chaotic. The edges of the main tower are made of regular stones with joints closed by mortar mixture. The vulnerability of the monument is given by the absence of any water protection at the top of the masonry panels. The basement of the towers consists of the natural bed rock modified to create a sub-horizontal support: risks of shear settlements due to progressive cracks on the bed rock should be considered. The collapse of an edge of the main tower represents a relevant source of vulnerability for the entire construction: its absence does not permit the containment of the internal

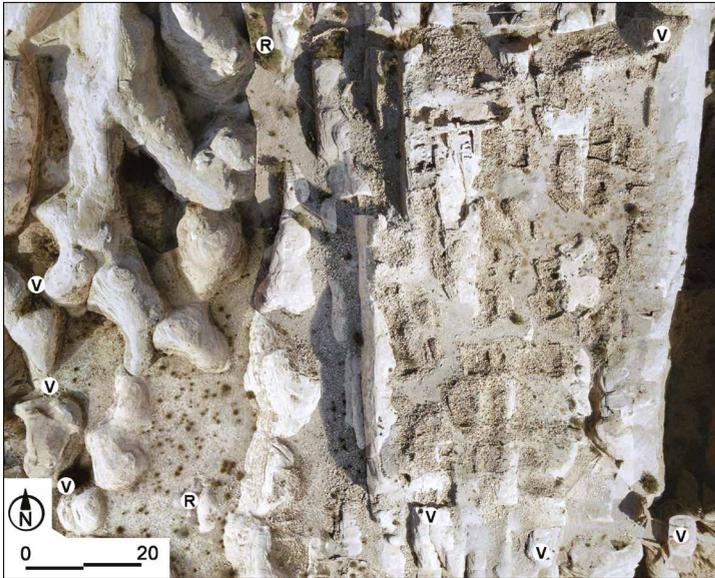


Fig. 11
Robber trenches (R)
and vandalism (V) at
al-Wu'ayra. Survey by
A. Vanni Desideri and
S. Leporatti (2013)

next page

Fig. 12
The South churchyard
(UT 109) and the
cemetery after the
Medieval Petra
mission restoration (A.
Vanni-Desideri 2002)

chaotic part of the wall, inducing probable further collapses in short time, due to repeated rain penetrations or the actions of wind.

Penetrometric PNT-G tests should be performed to determine the compressive strength of the existing mortar joint on the edge of the tower, together with spectrographic analysis to evaluate the chemical composition of the mortar, in view to repair the joints during the phases of reconstruction.

Following the already proposed general programme of intervention (Ruschi, Vannini, 2001), for a proper restoration of the monument, the main constructive phases could be the following (fig. 13):

1. Scaffoldings around the crusader tower and surrounding walls.
2. Removal of collapsed materials (earth, clays, crumbled stones, etc.) around the sliding surface or unstable areas;
3. Displaying of geotextile layer on the basement of the zones to rebuild, to separate the original walls from the rebuilt features;
4. Selection of the bricks to be reuse (color, shape and dimensions);
5. Rebuilding of the missing parts of dry masonry using the same texture;
6. Stabilization of the blocks in place with small stones forced into the joints, replying the traditional technique to refinish the texture in the Tower;
7. Introduction in the texture a series of transverse stones to connect the external façades of masonry panel with the backside drainages to place the gravity centre behind the wall axis;
8. Filling of the empty zones behind the wall with dry gravel by selection of small stones on site, to ensure a correct washout of the rain penetrating and to reduce the hydraulic transverse pressure on the wall;
9. Beautification of the top of the walls with the same soil available in the adjacency, to create a roof protection from rain penetrations.





As a really urgent rescue intervention, a possible restoration project aims at preserving and restoring the tower as the most visible architectural remains of a short but important chapter of the long history of Petra, also taking into consideration the indications of the *Risk Management at Heritage Sites. A Case Study of the Petra World Heritage Site*, issued by the UNESCO Amman Office in 2012.

In such a perspective the intervention, beside its preservation purposes, is also intended as a first step towards a more strict protection and the development of a possible touristic exploitation of the site, aided by panels to be installed on the site (Vanni Desideri 2012) and information on the web (for instance through QRC system). At the same time the restoration could be the first step for the development of a more efficacious protection of the site, even through more strict controls of the visits.

Fig. 13
Examples of some
of the procedures
proposed for the
restoration of the
North-East tower of
al-Wu'ayra (Sassu, et
al., 2012)





References

Alpass P., *The Religious Life of Nabataea*, Brill, Leiden 2013.

Andreini, M., De Falco, A., Giresini, L., Sassu, M. 2013, 'Mechanical characterization of masonry walls with chaotic texture: procedures and results of in-situ tests', *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 8, pp. 1-32.

Andreini, M., De Falco, A., Giresini, L., Sassu M. 2014, 'Preliminary survey for the rehabilitation and seismic protection works of the Middle Age Castle of Shawbak in the UNESCO area of Petra (Jordan)', *Proceedings 2nd Int. Conf. on Protection of Historical Constructions, Antalya (Turkey) May 7-9, 2014*, Istanbul, pp. 445-451.

Dalman, G. 1908, *Petra und seine Felsheiligtümer*, J. C. Hinrichs'sche Buchhandlung, Leipzig.

Deschamps, P. 1939, *Les châteaux des croisés en Terre-Sainte. II: La défense du Royaume de Jérusalem*, Paris.

Ligato, G., Vannini, G. 2009, 'Fra Petra e Shawbak: la Transgiordania latina (1100-1189)', in *Da Petra a Shawbak. Archeologia di una frontiera*, ed. G. Vannini and M. Nucciotti, Giunti, Firenze, pp. 88-95.

Musil, A. 1907, *Arabia Petraea*, vol. II, *Edom*, Wien.

Pringle, D. 1998, *The Churches of the Latin Kingdom of Jerusalem. A Corpus*, II, Cambridge University Press, Cambridge.

Ruschi, P. 2012, 'Alcune considerazioni sul restauro dei castelli: il caso di Shawbak', in *Atti del Convegno Internazionale "La Transgiordania e le frontiere del Mediterraneo Medioevale"*, Firenze 6-8 novembre 2008, BAR, International Series, Oxford, pp. 313-316.

Ruschi, P., Vannini, G. 2001, 'The Fortified Crusader-Ayyubid Settlements in the Petra Valley; a Study for a Project of Restoration', in *Studies in History and Archaeology of Jordan*, VII, pp. 695-705.

Sassu, M., Andreini, M., Casapulla C., De Falco A. 2012, 'Archaeological consolidation of UNESCO masonry structures in Oman: the Sumhuram Citadel of Khor Rori and the Al Balid Fortress', *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 7, pp. 339-374.

Savignac, H. 1903, 'Ou'airah', *Revue Biblique*, vol. 12, pp. 114-120.

Tonghini, C., Vanni Desideri, A. 1998, 'The material evidence from al-Wu'ayra: a sample of pottery', *Studies in History and Archaeology of Jordan*, VII, pp. 707-719.

Vannini, G. (ed) 2007, *Archeologia dell'insediamento crociato-ayyubide in Transgiordania. Il progetto Shawbak*, All'insegna del Giglio, Firenze 2007.

Vannini G., Nucciotti M. (eds) 2009, *Da Petra a Shawbak. Archeologia di una frontiera*, Giunti, Firenze.

Vannini, G., Nucciotti, M., Tonghini, C., Vanni Desideri, A. 2002, 'Archaeology of the Crusader-Ayyubid Fortified Settlements in Transjordan', in *Civiltà del passato, dialogo del presente: Missioni di ri-*

cerca italiane in Giordania, Ambasciata d'Italia in Amman, Amman, pp. 181-199.

Vannini, G., Tonghini, C., Vanni Desideri, A. 2000, 'Medieval Petra and the Crusader-Islamic frontier. Archaeological Mission of the University of Florence', *Chateau Galliard. Etudes de castellologie médiévale*, 20, Gwatt (Suisse), 2-10 septembre 2000, pp. 271-276.

Vannini, G., Vanni Desideri, A. 1995, 'Archaeological Research on Medieval Petra: a Preliminary Report', *Annual of the Department of Antiquities of Jordan*, XXXIX, pp. 509-540.

Vanni Desideri, A. 2009, 'Il castello di al-W'ayra: letture archeologiche', in *Atti del Convegno internazionale di studi "Castelli medievali a Petra e nel Vicino Oriente tra rilievo e archeologia"*, Firenze, 21-25 ottobre 2004, Firenze, pp. 26-27.

Vanni Desideri, A. 2012, 'Esperienze di lettura archeologica, tra ricerca e visibilità', in *Atti del Convegno Anciennes Vésitages en Ruines, Aosta 29 novembre - 1 dicembre 2012*, Aosta, pp. 351-359.

Vanni Desideri, A., Leporatti, S. 2014, 'Petra: al Wu'ayra', in Corbett G. J., Keller D. R., Porter B., Tuttle C. A., 'Archaeology in Jordan, 2012 and 2013 Seasons', *American Journal of Archaeology*, 118 (4), pp. 669-671.



L'approccio archeologico nel restauro diffuso dell'architettura tradizionale in stato di rudere.

Recupero delle matrici murarie dell'edilizia storica nel restauro post-sismico. Casi studio nel cratere aquilano¹

Giuseppe Alberto Centauro

Dipartimento di Architettura,
Università degli Studi di Firenze

Abstract

The earthquake of April the 6th 2009, which severely affected L'Aquila and the local towns in the seismic crater, destroyed or critically damaged over than 65-70% of the existing building heritage, reaching, to a certain extent, highpoints of 90%, while also producing billions of ruins either to be disposed of or recycled. After nearly five years, the reconstruction of the ancient villages is still on the move and the first post-seismic Plans of Reconstruction were approved only a few weeks ago. The most significant problems, highlighted by these processes of redevelopment dedicated to the structural rehabilitation of historical buildings, regard aspects of post-seismic restoration. These are specifically related to the traditional wall sets, which need radical treatments in order to be made safe: reparation/stabilization, reinforcement, remaking. Each kind of construction, deriving from a discernable wall matrix, shows typical material characterization in its composition and finishing, which implies the conservation of the architectural manufactures and the safeguard of the environmental and cultural identity of every place. This report aims to highlight these problems as well as, treasuring the observation and experiences derived from case studies, it points out the most innovative methods of analysis and work to be followed in the post-seismic restoration process.

Dalla sicurezza in sito dei manufatti alla loro conservazione attiva

La sicurezza dei monumenti, in particolare la limitazione del rischio sismico, non riguarda le sole azioni indirette di tutela istituzionale o la generica applicazione delle "nuove norme" di salvaguardia, quanto piuttosto l'attuazione di interventi realmente propedeutici alla conservazione, da declinarsi, così come recita il *Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio* (ex art. 29 del Decreto legislativo), nella tre componenti principali: prevenzione, manutenzione e restauro. Laddove nella prevenzione e nel restauro post-sismico, oltre a ridurre il rischio futuro del danno, a controllare le condizioni e il mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità del bene culturale e del suo contesto, si debba operare consapevolmente per il recupero del manufatto con interventi migliorativi sia da un punto di vista strutturale sia conformi alle più idonee tecniche costruttive da

pagina a fronte

Fig. 28
Sant'Eusanio
Forconese (AQ),
particolare del
catino absidale
della Basilica dopo
il terremoto del 6
Aprile 2009

¹ Il presente articolo, alla luce delle esperienze condotte con attività pluriennali di ricerca applicate al recupero dell'edilizia storica danneggiata da eventi sismici (cfr. *Lineamenti per il restauro postsismico del costruito storico in Abruzzo. Piano di Ricostruzione di Casentino (AQ)*, a cura di Giuseppe Alberto Centauro, Ed. DEI, Roma 2014), in particolare costituisce sviluppo tematico dell'articolo dell'autore pubblicato in "Atti del workshop *Safe Monuments 2014*" (Firenze 28 marzo 2014), Ed. Collegio degli Ingegneri della Toscana srl, Firenze 2014, pp. 117-132.

adottare nella riparazione. D'altronde la ricerca di un codice comportamentale univoco da perseguire per il restauro dell'edilizia storica danneggiata, fornirebbe nella sua attuazione pratica il beneficio di standardizzare linee comuni di approccio per gli interventi di messa in sicurezza e per la riabilitazione, rivalutando lavorazioni tradizionali e nuovi impieghi tecnologici sperimentati e validati in laboratorio con applicazioni su modelli appositamente realizzati. Ad es. la qualità paesaggistica degli antichi borghi abruzzesi della conca aquilana - come nei casi di Sant'Eusanio Forconese e di Casentino - è legata alla possibilità di salvaguardare l'aspetto materico delle costruzioni tradizionali che realizzano attraverso l'architettura un unicum ambientale di grande valenza culturale, veri e propri monumenti della secolare civiltà contadina che li ha generati che tuttavia presentano spesso il loro "tallone d'Achille" nelle qualità degli apparecchi murari ad oggi rilevate. Questa situazione è stata largamente verificata negli studi condotti per la ricostruzione post sismica che hanno reso evidente la difficoltà intrinseca di riabilitare le strutture murarie più fortemente danneggiate. Le cause di tale inadeguatezza non sono per altro sempre imputabili ai caratteri costruttivi originari che presentano strutture già lungamente martoriate nei secoli dal manifestarsi ricorrente di terremoti e conseguenti rifacimenti. Al contrario è stato documentato che le tessiture murarie che hanno maggiormente sofferto sono state quelle che hanno subito nel tempo adattamenti, aggiustamenti e ristrutturazioni non compatibili con le caratteristiche fisico chimiche delle antiche murature in pietra e delle malte di allettamento e di rivestimento d'impiego tradizionale. Da questo punto di vista sono state gettate genericamente ombre sulla qualità delle murature senza tenere conto adeguatamente degli effetti procurati sui materiali in opera (specialmente riferibili alle malte di allettamento) dalle numerose improprietà derivanti da interventi scadenti di manutenzione e rifacimento che hanno radicalmente modificato le condizioni d'esercizio delle strutture murarie tradizionali. Per questa ragione, partendo dal tema più generale del restauro post sismico, l'utilità di sviluppare approcci corretti, non solo metodologicamente, nella conduzione degli interventi di riabilitazione degli edifici storici danneggiati, resta ancora oggi un obiettivo da raggiungere per la salvaguardia dell'identità costruttiva propria dell'edilizia storica, di matrice tradizionale. Anche per questa ragione le prassi operative dominanti nei cantieri sono molto diverse da tal genere di approcci, a cominciare dall'effettuazione di saggi diagnostici sulle murature lesionate o ammalorate che non è sempre seguito da una coerente valutazione circa la recuperabilità delle murature. Questi atteggiamenti sono alimentati dalla disinformazione sulle procedure alternative che pure oggi si offrono a progettisti ed imprese. Alla luce di questa perdurante situazione la strada da percorrere per la riabilitazione delle matrici murarie storiche è ancora molto lunga, rendendo estremamente arduo poter pensare di intervenire con lavorazioni mirate di restauro sia nelle previsioni di ripianificazione (ad esempio nei piani ricostruzione post sisma) sia, a maggior ragione, nelle fasi attuative di riabilitazione. Non meno interessante

potrebbe essere il fare ricorso a materiali rigenerati, specie malte ed intonaci, recuperati a piè d'opera sia dalla riconversione delle macerie sia dai materiali di risulta derivanti dalle rimozioni delle stratigrafie d'intonaco da rivestimenti non più recuperabili, seguendo le Regole dell'Arte per la riparazione e il ripristino di pareti lesionate o scrostate, ed anche il rivestimento di pareti rinnovate che avrebbero il pregio di riproporre il carattere originario delle superfici. Del resto in passato si sono realizzati interventi del genere con ottimi risultati. Un'azione diffusa di restauro da intraprendere sull'edificato storico da salvaguardare è invece possibile, come è stato prescritto nelle Norme tecniche di Attuazione recentemente elaborate per la formazione del Piano di Ricostruzione di Casentino e di Sant'Eusanio Forconese.

Figg. 1, 2, 3 e 4: Immagini del dopo terremoto a Sant'Eusanio Forconese e a Casentino: dai crolli degli edifici storici la perdita dell'identità dei luoghi
Figg. 5, 6, 7 e 8: Lo studio degli apparecchi murari per la conservazione dei valori culturali dell'architettura locale.

Gli studi recenti sulla vulnerabilità sismica e sui più opportuni presidi da adottare, l'introduzione, fin dal terremoto dell'Umbria e della Marche del

Fig. 1
Sant'Eusanio
Forconese,
particolare di edificio
collassato

Fig. 2
Accumuli
interstiziali di
macerie

Fig. 3
Borgo di Casentino,
edificio sventrato dal
sisma

Fig. 4
Cedimento
differenziale di
membrature
murarie



Fig. 5
Particolare di
tessitura muraria
eterogenea

Fig. 6
Rivestimento con
filaretto di pietra
alternato ad opera
reticolata e sasso
accapuzzato

pagina a fronte

Fig. 7
Sovrapposizioni
di matrici murarie
diverse

Fig. 8
Scaglie di pietra
arenacea e
stucature



Fig. 9
Foto e grafici di una
muratura omogenea
di pietra

Fig. 10
Foto e grafici di una
muratura eterogenea

Fig. 11
Foto e grafici di
muratura mista



1997, di procedure di micro consolidamento e di rinforzo localizzato per murature ed intonaci di matrice tradizionale, stanno dimostrando in realtà la recuperabilità di strutture che in precedenza sarebbero state demolite, negando alcuna possibilità di restauro. Anche l'applicazione estesa degli indirizzi normativi per le costruzioni esistenti (ex DM 14 gennaio 2008), con le ulteriori disposizioni emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici e della Protezione Civile, rese cogenti dopo l'obbligatorietà delle norme vigenti dal 1 luglio 2009), e le varie direttive predisposte dalle strutture tecniche di supporto che interagiscono a livello nazionale (si cita, ad esempio, il progetto del raggruppamento interuniversitario ReLUIs che sta predisponendo un Centro di Vulnerabilità e Rischio Sismico in collaborazione con il MiBAC), costituiscono una piattaforma alla quale poter attingere per sviluppare idonee procedure d'intervento per la conservazione del patrimonio ad uso dei tecnici delle imprese e dei progettisti.



I benefici derivanti da un'adozione estesa di queste procedure sarebbero molteplici, osservando poche e condivise regole per le applicazioni di dettaglio, la logistica e l'operatività nei cantieri, ed anche inducendo, nell'economia di scala, notevoli risparmi, tali da rendere possibile un miglioramento complessivo della qualità degli interventi. Allo stato attuale i meccanismi di rimborso non premiano i contesti storici, prospettando ai proprietari degli immobili, nella logica apparentemente premiante del "limite di convenienza", come vantaggiose, le azioni di "demolizione/ricostruzione" o di mera "sostituzione edilizia". L'attuazione di interventi di recupero edilizio, valutata la necessità della messa in sicurezza strutturale sostenuta fino al 60-80%, comporta la rinuncia ad un'azione di restauro specie nei confronti delle strutture in muratura di tipo tradizionale. Da questo punto di vista la maggior parte dell'edilizia storica risulta, se non altro per vetustà, assai vulnerabile sia per la prevenzione sia, soprattutto, nella riparazione del danno procurato dal terremoto perché richiede lavorazioni che sembrano escluse dalla possibilità di finanziamento la rivalutazione della qualità costruttiva.

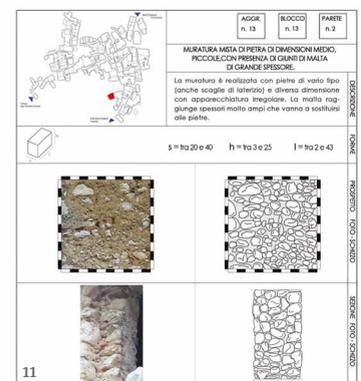
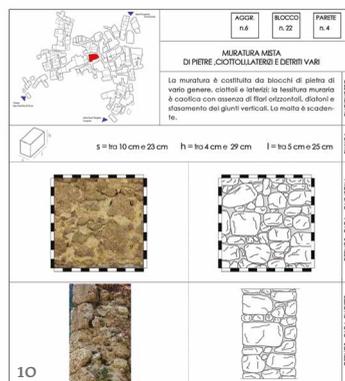
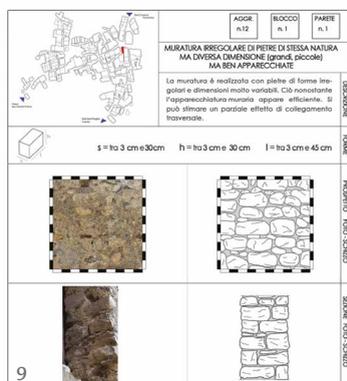
La necessità del miglioramento ai fini sismici potrebbe essere gestita in un'ottica di restauro utilizzando tecniche di micro consolidamento e con l'introduzione di componenti strutturali e di finitura compatibili con i tipi edilizi e murari originali.

Figure 9, 10 e 11: Studi di matrici murarie tradizionali

MU.1 MURATURA IRREGOLARE DI PIETRE DI STESSA NATURA, DIVERSA DIMENSIONE MA BEN APPARECCHiate

MU.2 MURATURA MISTA DI PIETRE, CIOTOLI, LATERIZI E DETRITI VARI

MU.3.1 MURATURA MISTA DI PIETRE DI MEDIE, PICCOLE DIMENSIONI, CON PRESENZA DI GIUNTI DI MALTA DI GRANDE SPESORE



Da questo punto di vista si è potuto verificare – come sopra osservato - che la manifestazione del danno sismico è legata, oltre che da inopportune manomissioni e trasformazioni alla cattiva manutenzione e ad un improprio rifacimento delle superfici murarie.

La nuova frontiera del restauro dopo il terremoto si legherebbe così alle applicazioni di soluzioni alternative di miglioramento sismico delle murature, oggi da considerarsi integrative alle “classiche” azioni di sarciatura e micro consolidamento. Il rafforzamento localizzato di singoli elementi strutturali verticali (setti murari) o orizzontali (solai in legno), delle strutture di copertura con idonei interventi potrebbe realizzare procedure sostenibili anche sotto il profilo economico.

Per riepilogare il restauro diffuso nella ricostruzione può optare utilmente sia al reimpiego o alla ricollocazione in opera degli elementi costruttivi originali ottenibile con il riassetto del materiale lapideo di recupero, sia alla ricomposizione di malte e intonaci derivanti dalla rigenerazione dei materiali esistenti, opportunamente lavati e selezionati ecc. A tale scopo nel cantiere di restauro si dovranno adottare idonei provvedimenti al fine di trovare misure alternative a tutela dell’immagine, operando allo stesso tempo azioni sostenibili al fine di garantire un equo e proficuo impiego delle risorse economiche oggi disponibili che sappiamo essere limitate. Proviamo, ad esempio, ad immaginare la caratterizzazione che ne deriverebbe per il trattamento dei borghi storici con le ricorrenti architetture di pietra, trattate con le classiche rabbocature a raso sasso, tuttavia strutturalmente composite e alquanto articolate nel complesso modularsi, talvolta ardito, di masse e di volumi, caratterizzate da sviluppo diacronico nei piani orizzontali e verticali, proponendo giustapposizioni e ibridazioni costruttive, a formare quella che riconosciamo essere l’identità ed unicità paesaggistica dei luoghi, ovvero il loro stesso inequivocabile valore ambientale. L’alternativa al restauro è invece affidata ad un’anonima ricostruzione che produrrebbe un’evidente perdita di valore testimoniale.

Riteniamo innanzi tutto per riequilibrare almeno in parte il disavanzo economico nel riconoscimento del contributo spettante per il loro recupero, allineare, pur con i necessari distinguo, gli aggregati storici urbani e le tipologie delle dimore di matrice rurale (complesso abitazione e rustico), quali elementi fisici del territorio da assimilare per la loro storicità e la speciale natura costruttiva, come documenti della cultura materiale del luogo meritevoli di conservazione, alla categoria degli edifici di pregio. Questi aggregati sono quindi assoggettabili alla maggiorazione fino al 60% del contributo attribuita agli edifici tutelati. Si tratta di un riconoscimento doveroso che deve interessare tutto il patrimonio architettonico esistente.

D’altronde le matrici murarie sono rispetto all’architettura monumentale da salvaguardare lo specchio di espressioni materiche uniche, non riproducibili, quindi da considerarsi di precipuo valore. L’esperienza di Casentino può rappresentare in questo senso un modello da seguire anche per gli altri centri e frazioni, laddove la tipicità dei borghi è largamente rappresentata dalle matrici murarie del costruito storico.

Saggi diagnostici esplorativi sulla qualità muraria a Sant'Eusanio Forconese e a Borgo di Casentino

A dimostrazione di quanto detto abbiamo preso in esame i risultati acquisiti attraverso saggi diagnostici parietali in un aggregato edilizio danneggiato dal sisma dell'Aprile 2009, ubicato nel centro storico di Sant'Eusanio Forconese, qui esemplificato nel repertorio fotografico (figg.12/19).

Durante l'acquisizione di dati è stato registrato che già era stato danneggiato dal terremoto della Marsica (terremoto di Avezzano) del 1915, a seguito del quale furono eseguiti vari interventi di "riparazione", tra cui la messa in opera di catene e la realizzazione di contrafforti in muratura (alcuni dei quali ora rivelatisi privi di fondazioni). Il processo di conoscenza condotto sull'organismo edilizio, anche attraverso estesa diagnostica "visiva", ha evidenziato notevole eterogeneità costruttiva ed un quadro dei danni in buona parte direttamente correlato con trasformazioni impropriamente introdotte in passato che hanno alterato elementari criteri di "buona norma" (eliminazione di muri portanti, sopraelevazioni, aperture di vani, muri delle tipologie più svariate, intonacatura estesa di porzioni originariamente lasciate a faccia vista con conseguente sigillatura di malte di calce aerea, ecc.).

Gli accertamenti diagnostici con martinetti piatti su elementi murari o, più semplicemente, con campionature per la caratterizzazione delle malte di allettamento, hanno evidenziato il diverso comportamento e la compromissione della resistenza meccanica nelle malte sottoposte a condizioni d'esercizio diverse da quelle originarie, legate ad interventi ristrutturativi non compatibili da un punto di vista fisico-chimico, oltre che per natura materica e tipologia costruttiva.

Figg. 12,13 e 14: Esempi di saggi parietali su edifici lesionati in aree compromesse da interventi pregressi

Figg. 15 e 16: Esempi di saggi parietali su edifici correttamente restaurati (si noti la buona tenuta delle malte)

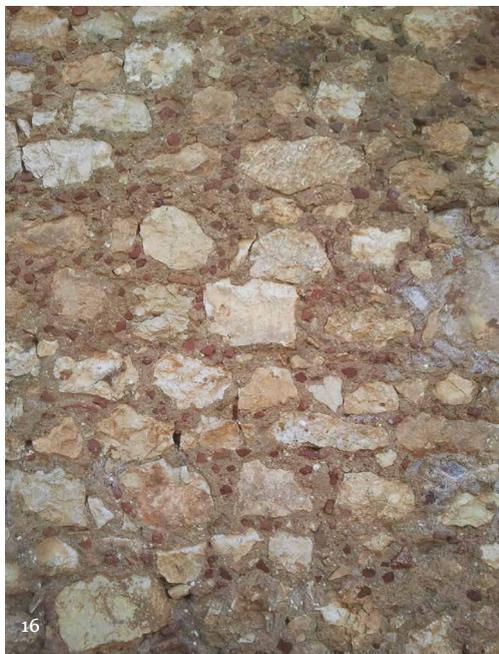
Figg. 17 e 18: Il degrado delle malte private dell'originaria ventilazione e permeabilità al vapore

Fig. 12
Muratura mista discontinua per rifacimenti

Fig. 13
Tamponatura moderna su muratura a mattoni

Fig. 14
Muratura a mattoni con sovraincasso di rivestimento





Occorre quindi pensare ad un nuovo modello d'intervento che oltre a ricomporre l'approccio agli interventi seguendo un profilo più aderente alla disciplina del restauro, specie per gli interventi conservativi, possa risultare sostenibile e sufficientemente flessibile nelle applicazioni correnti, comprendenti il trattamento delle dimore storiche, non necessariamente monumentali, e la salvaguardia dei tipi costruttivi caratterizzanti l'architettura spontanea. Per il rispetto dei caratteri ambientali affidati alle finiture in uso di malte ed intonaci, una prassi ancora in gran parte da studiare e sperimentare nelle attuazioni pratiche, potrà essere quella della rigenerazione di "materiali di risulta".

Il beneficio si potrebbe ottenere intervenendo a selezionare le parti recuperabili degli intonaci direttamente sulle fabbriche da smantellare, ovve-

ro prima di produrre nuove macerie e quindi “rifiuti speciali” da spedire in discarica. Tale operazione andrebbe condotta a piè d’opera visto che, al di fuori dal cantiere, la normativa vigente non consente di riusare gli inerti. Questi materiali, specie gli intonaci stabilizzati di più antica formazione, sono auspicabilmente da recuperare nelle lavorazioni odierne di restauro, in particolare per produrre nuove malte. Il riutilizzo di tali materiali, opportunamente trattati, si confà, anche per qualità cromatiche, al restauro urbano degli antichi borghi che si potrà attuare. L’azione di recupero costituisce l’occasione giusta per la rivalutazione degli inerti del luogo e la riscoperta delle tecnologie costruttive originarie, e non solo in un’ottica di valorizzazione del volto tradizionale della città, ma anche di razionale uso delle risorse esistenti.

Il restauro architettonico, ancor più nella risoluzione alla scala urbana, deve coniugare l’esigenza della riabilitazione funzionale degli immobili e del rafforzamento dei presidi antisismici con il rispetto e semmai la riqualificazione delle preesistenze, riducendo fisicamente l’impatto visivo negativo, a cominciare dal rispetto del “morfotipo cromatico”.

L’operazione di rigenerazione dei materiali per la produzione delle malte consente di svolgere un controllo preventivo da un punto di vista percettivo sulla configurazione del paesaggio urbano nella delicata fase della ricostruzione, assicurando una continuità cromatica con il passato nel mantenimento dei caratteri più appropriati nel trattamento degli aggregati urbani come negli edifici isolati. A ciò si aggiunge nell’azione di restyling la necessità di alleggerire e ripulire i vari corpi di fabbrica dagli elementi spuri o sovrastrutturali impropri, e dagli accessori difformi (tettoie terrazzini, sopraelevazioni ecc.), anche attraverso la loro demolizione e il rifacimento delle lacune. In tali categorie d’intervento devono includersi anche tutte quelle aggiunte incongrue che dequalificano l’immobile e la sua leggibilità, la natura materica della fabbrica: sovrintonaci, tinteggi con cromie e sistemi di pitturazione non compatibili con i supporti murari, affissi ed infissi non rispettosi dei caratteri degli edifici, dell’abaco dei tipi in uso ecc. In tale ambito di particolare interesse, come elemento di precipua rilevanza per la migliore fruibilità dell’architettura nel contesto urbano di riferimento, è l’aspetto cromatico.

Il corretto codice cromatico dell’edilizia storica, il lessico compositivo e il peso del colore delle superfici, sia a livello di microambiente sia nel paesaggio remoto, devono essere attentamente studiati come espressioni primarie da tutelare nell’azione di restauro, anche laddove si debba procedere al rifacimento totale delle finiture dei fronti edilizi. La rigenerazione degli intonaci potrebbe costituire la modalità più coerente con l’aspetto storicamente consolidato del costruito tradizionale

Linee guida per la rigenerazione del costruito storico

La dimensione e l’estensione del costruito storico da riabilitare, seguendo le procedure del restauro ai fini della conservazione e della valorizzazione del patrimonio esistente, è tale da rendere necessaria l’elaborazione di pro-

pagina a fronte

Fig. 15
Muratura in pietra risarcita con commessure irregolari di malta

Fig. 16
Muratura rinsaldata con cocci e malta rabboccata a raso sasso

Fig. 17
Fratturazione del supporto murario

Fig. 18
Decadimento delle malte di allettamento

Fig. 19
Reperti lapidei di
antico reimpiego
recuperati nelle
macerie

Fig. 20
Stratigrafia d'intonaco

pagina a fronte

Fig. 21
Punto di prelievo di
campione di malta

Fig. 22
Luogo di provenienza
degli inerti

Fig. 23
Inerti e sabbie
contenuti nelle malte
storiche (litotipi di
Poggio Picenze) (per
cortesia di C. Grandin)

Fig. 24
Preparazione delle
malte per il restauro
(per cortesia di C.
Grandin)

Fig. 25
Valutazione dei modelli
materici (grana e
cromia) in relazione ai
campioni prelevati (per
cortesia di C. Grandin)

Fig. 26
Prototipi di malte
rigenerati pronti per
l'applicazione (per
cortesia di C. Grandin)

cedure d'intervento qualitative ma a costo contenuto, così da rendere l'azione del restauro, promosso alla scala urbana, eseguibile i finanziamenti disponibili, riservando semmai solo alcune lavorazioni ad interventi specialistici quali: il restauro di fregi pittorici e di apparati decorativi, il restauro allo stato di rudere ed archeologico.

Nelle procedure per la definizione delle categorie di intervento di conservazione e valorizzazione, dell'edilizia storica, sono da includere le seguenti azioni:

- Monitoraggio delle condizioni conservative degli edifici colpiti dal sisma, privilegiando l'analisi autoptica dei materiali, degli apparecchi murari, degli apparati di finitura e decorativi: malte intonaci, sistemi di pitturazione e trattamento delle superfici;
- Rilievo del colore e studio delle matrici materiche;
- Studio delle malte e degli intonaci per il restauro delle matrici murarie;
- Elaborazione di modelli materici per la rigenerazione dei materiali di risulta e per il rifacimento delle mancanze.

Per la parte strettamente diagnostica propedeutica alla definizione delle lavorazioni per il restauro:

- Studio della vulnerabilità morfo-tipologica e materica dell'edilizia storica da porre in relazione alle problematiche della riabilitazione strutturale e del restauro architettonico.
- Analisi alla scala urbana con il supporto tecnico-scientifico di innovative metodiche di rilievo per il restauro con elaborazioni di fotopiani e l'applicazione, in fase di sperimentazione, di programmi informatici appositamente sviluppati per lo scopo.
- Prelievo ed analisi di campioni materici (malte ed intonaci, film pittorico, ecc.).
- Realizzazione di prototipi e modelli applicativi sperimentali (in corso di attuazione).
- Sviluppo di ricerche e progetti di riqualificazione urbana.
- Ricerca delle matrici cromatiche del luogo con studio della tavolozza dell'edilizia storica.
- Valutazione della recuperabilità dei materiali di risulta per il restauro dei manufatti, con reimpiego di elementi rimossi o caduti a terra e prove di rigenerazione di malte ed intonaci.

Gli obiettivi progettuali associati alla ricerca principalmente sono riconoscibili nelle seguenti azioni:

1. Classificazione univoca delle categorie di intervento;





2. Individuazione delle priorità d'intervento alla scala urbana da assolvere per privilegiare la ripresa delle attività economiche;
3. Elaborazione di manualistica tecnica ad uso dei progettisti per gli interventi di recupero;
4. Monitoraggio di controllo dell'edilizia storica danneggiata dal sisma, con eventuale osservatorio degli sgomberi e delle demolizioni.

Figg. 19 e 20: Reperti lapidei di antico reimpiego, ordinati a terra e stratigrafia d'intonaco

Figg. 21 e 22: Campionamento dei materiali in correlazione con le cave di calcari ed inerti utilizzate

Figg. 23 e 24: Inerti e sabbie contenuti nelle malte storiche (litotipi Poggio Picenze) e preparazione

Figg. 25 e 26: Prototipi di malte rigenerate pronte per l'applicazione, fase sperimentale di studio

L'analisi archeologica per il restauro degli edifici danneggiati e/o in stato di rudere

Di grande rilievo ai fini conoscitivi per la messa a punto del progetto di restauro sono le osservazioni e le valutazioni derivanti dall'analisi archeologica degli apparecchi murari e dalla riscoperta di lacerti del passato riemergenti dalle scrostature degli intonaci a testimoniare spesso le valenze anche strutturali delle tecniche costruttive antiche. Nel caso del dopo terremoto abruzzese non si è solo trattato di riscoprire una genesi costruttiva, bensì di testimoniare l'esistenza di un sostrato antico di preminente valore archeologico distintamente da valorizzare. Già le ricostruzioni post-sisma del 1461 e del 1703 avevano evidenziato nei materiali lapidei di reimpiego e soprattutto negli assetti costruttivi dei piani terra impianti medievali originari e con essi anche inaspettate scoperte di elementi d'epoca classica e preromana. Attraverso questi rilievi, condotti per quanto riguarda le murature tradizionali, nel maggior dettaglio conoscitivo possibile realizzabile studiando i maschi murari e le loro superfici con il metodo dell'analisi stratigrafica, mutuato dall'archeologia, per "Unità Stratigrafiche Murarie" (USM) si è potuto relazionare i tipi costruttivi alle loro fasi evolutive, e quindi allo loro possibile datazione. Per di più attraverso questo modo di procedere, si è potuto stabilire la dinamica dei crolli. Come è stato recentemente sottolineato: "L'approccio storico al processo costruttivo antisismico è importante perché ci permette, attraverso lo studio delle tecniche edificatorie del passato, l'analisi degli errori compiuti, il bagaglio delle soluzioni costruttive ideate e sperimentate nel tempo, di comprendere il significato e la validità delle esperienze acquisite, capitalizzando un patrimonio di informazioni tecnico-costruttive per proporre oggi, nell'ambito dell'operazione di restauro, soluzioni di miglioramento sismico che siano compatibili con le caratteristiche storico costruttive del manufatto architettonico"².

L'archeologia e la storia dei restauri del passato sono quindi al centro delle buone pratiche di analisi per il restauro post-sisma nell'ambito stesso de-

² D'Antonio M. 2013, *Ita terraemotus damna impedire*, Carsa Ed., Pescara, pp. 33

³ Torrieri V. 2010, *Le macerie rivelano. L'Aquila 6 aprile 2009 inediti archeologici per la storia della città*, Ufficio del Vice Commissario delegato per la tutela dei Beni Culturali, Teramo

⁴ Torrieri V et alii 2011, *Le macerie rivelano, in "Quaderni di archeologia"*, Il, Ufficio del Vice Commissario delegato per la tutela dei Beni Culturali, Teramo

⁵ Centauro G.A. 2014, *Riabilitare i centri storici abruzzesi colpiti dal sisma del 6 aprile 2009*, in *Lineamenti di restauro postsismico...* cit., p. 54

gli studi del costruito storico di antica formazione o derivato da ricostruzioni del passato. Questa stessa osservazione è stata fatta nel corso delle ricerche archeologiche condotte all'indomani del sisma entro bacini di scavo e di recupero delle macerie intorno alle principali chiese e palazzi storici aquilani, dalla Basilica di S. Maria di Collemaggio al convento di S. Chiara, alla chiesa di S. Giusta a Bazzano e di S. Silvestro a Castelnuovo di S. Pio delle Camere, ed ancora, nelle chiese di S. Marco e di S. Maria Paganica³. Ancora più eclatanti i ritrovamenti archeologici fatti, come quello dell'inedito rosone di Santa Giusta ed ancora, nel corso dei lavori di rimozione delle macerie nella Cattedrale dei Santi Massimo e Giorgio di fregi scultorei, iscrizioni e elementi architettonici risalenti alla fondazione federiciano dell'Aquila ed oltre⁴.

Come ho avuto modo di annotare nel corso delle ricerche in situ: "Alla nostra vista di ricercatori e di restauratori, la città di L'Aquila prima e i borghi storici poi, perlustrati metro per metro, minuziosamente osservati nelle diverse superfici parietali che si potevano, non senza pericolo, ancora avvicinare prima della messa in opera della selva di presidi che attualmente incastellano i centri storici, mostravano attraverso le proprie lacerazioni, non solo un paesaggio fatto di crolli, bensì lacerti architettonici d'inalterata bellezza in virtù dell'osservazione di preziose stratigrafie di malte, di cromatismi, di antiche e insospettabili finiture lapidee, iscrizioni incise sui portali. Analoga valutazione emergeva con forza anche nell'osservazione del paese di Casentino che, forse ancora di più del capoluogo, mettevano in evidenza l'unitarietà e la bellezza del costruito tradizionale espresso attraverso la pelle degli edifici. La città restituiva, anche dopo il sisma, una tessitura muraria molteplice con cromie insospettabili, in parte obliterate, ma, laddove presente, ben conservata sotto gli scialbi ormai degradati delle sorde tinte moderne di sostituzione"⁵.

Nel centro storico di L'Aquila e nei centri storici minori abbiamo costruito un campionario di cromie attribuibili ora all'edilizia monumentale, ora all'edilizia storica tradizionale, non trascurando nemmeno l'edilizia storica moderna e le coloriture di più recente costituzione, applicate indistintamente sull'edilizia contemporanea e su quella storica. Una distinta operazione è stata fatta a Sant'Eusanio Forconese e a Casentino, dove la tipologia costruttiva presentava in prevalenza, architetture di pietra ma anche residue testimonianze di pregevoli frammenti d'intonaco, rimandando ad una periodizzazione antica, a partire dalla seconda metà del XVI sec. in avanti, come testimoniato dall'originale affresco votivo ritrovato in prossimità di un vestibolo porticato in via dell'Acquaro a Casentino.

All'Aquila, operando su zone distinte della città storica, dall'area di piazza della Prefettura, all'area di San Silvestro e di San Pietro a Coppito, ma anche in altre parti dentro il perimetro delle mura, nei quartieri di antica formazione interessati da espansioni e trasformazioni urbanistiche tardo novecentesche, si sono potute altresì osservare le caratterizzazioni ambientali addirittura antecedenti al sisma del XV sec., facenti capo alla distribuzione topografia dei luoghi di fondazione federiciano, suggestivamente legate ai

2,45



1,52

castelli del contado della prima metà del XIII sec., come se permanesse nel tempo, visibile ancora ai giorni nostri nelle stratigrafie degli intonaci, una sottile diversificazione legata alla natura materica e cromatica, riscontrabile nelle diverse contrade, rispetto ai distinti ambiti di fondazione, ricordati più dalle storie dei 99 castelli che dai documenti.

L'approccio derivante dall'analisi archeologica degli apparecchi murari ha prodotto una disamina assai significativa per lo studio strutturale preliminare, incrociato alla lettura qualitativa della tessitura muraria (filari orizzontali, giunti verticali opportunamente alternati, ecc.), alla connessione fra paramenti (presenza di diatoni o semidiatoni e loro densità), alla qualità dei componenti costitutivi della muratura (dimensioni e tipologia degli elementi, mattoni o pietre, forma delle pietre, qualità malta). Questo rilevamento, da associare alla lettura delle murature, seguendo nelle diverse tipizzazioni (es. "Unità Stratigrafiche di Rivestimento" – USR) il metodo sopra richiamato dell'analisi per USM, è stato finalizzato all'individuazione del cosiddetto *Indice di Qualità Muraria* (IQM), considerando la qualità muraria come prima garanzia del ripristino strutturale per un corretto restauro. D'altronde il restauro archeologico, oltre a garantire la conservazione e la corretta fruibilità dei reperti, segue una modalità operativa del tutto sovrapponibile a quella del restauro architettonico.

Fig. 27 - Fotopiano del dipinto su muro risalente alla seconda metà del XVI secolo, realizzato a tecnica mista, rinvenuto a Casentino da chi scrive e dalla prof.sa Cristina N. Grandin dopo la scrostatura, legata ai movimenti telurici del 2009, della scialbatura moderna che parzialmente lo ricopriva.

Fig. 27
Casentino, foto
raddrizzamento del
dipinto su muro
(tecnica mista, seconda
metà del XVI secolo)
rivelatosi a seguito
del sisma dell'aprile
2009 dopo la
scrostatura spontanea
dell'intonaco moderno
che parzialmente lo
ricopriva (per cortesia
di C. Grandin)

List of references

Cristina Nadia Grandin è autrice delle campionature sulle malte ed intonaci e delle prove di riproducibilità con modelli materici;

Guido Iannone è autore dei saggi diagnostici parietali nell'aggregato di Sant'Eusanio Forconese;

Chiara Palazzi e Sara Soldaini hanno realizzato i grafici di cui alle figg. 9, 10 e 11. Le foto sono dell'autore.

Bibliographic references

Centaurio G.A. 2010, *L'Aquila. Studi e rilievo per la ricostruzione post sisma del 6 Aprile 2009*, Catalogo della mostra documentaria (L'Aquila, Ridotto del Teatro Comunale, 22/ 28 Gennaio 2011), Comune di L'Aquila - Dipartimento di Costruzioni e Restauro - Università degli Studi di Firenze, Portofranco, L'Aquila, *passim*

Centaurio G.A., Grandin C.N. 2012, *Nuove strategie progettuali per la ricostruzione post-sismica dei centri storici colpiti dal sisma del 6 Aprile 2009*, pp. 107-114, *Proceeding e report*, 81, Dipartimento di Costruzioni e Restauro - Università degli Studi di Firenze, 8 Ottobre 2010, Chianciano Terme. Si veda anche "Bollettino degli Ingegneri", a. LVIII, 2010, pp. 3-13.

Centaurio G.A. et alii 2014, *Lineamenti di restauro postsismico del costruito storico in Abruzzo. Piano di ricostruzione di Casentino (AQ)*, Ed. Dei, Roma. Ivi, cfr. Centaurio G.A., *Il restauro architettonico post sismico nei piani di ricostruzione*, pp. 35- 57; Grandin C.N., *Analisi dei manufatti e delle superfici murarie*, pp. 83-128; De Stefano M. et alii, *Problematiche strutturali dei centri storici esposti al rischio sismico*, pp. 167-211; Iannone G., *Normazione per la ricostruzione post sisma*, pp. 213-250.



Diagnostico de *intemperismo* en la catedral de puebla

M. Teutli León
P. N. Madrid Báez
G. Jiménez Suárez
Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla (B.U.A.P.)

L. M. Tenorio Téllez
A. Sánchez Hernández
Facultad de Arquitectura
Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla (B.U.A.P.)

Abstract

This paper presents a physicochemical approach to diagnose basalt *weathering* at Cathedral of Puebla facade, building located at downtown Puebla, which was built in the XVII century and has the particularity of having three sides exposed to the action of rain, wind and sun. Applied methodology included physical inspection of the building, collection of weathered samples, which were grounded, mixed with distilled water to prepare an analytical sample, determined physicochemical parameters allowed to discriminate which anions are causing basalt weathering.

Resumen

Este artículo presenta una aproximación fisicoquímica para diagnosticar el *intemperismo* de basalto en la fachada de la Catedral de Puebla, edificio localizado en el centro histórico de la ciudad, y que fue construido en el Siglo XVII. Este edificio tiene la particularidad de que tres de sus caras están expuestas a la acción de la lluvia, el viento y el sol. La metodología aplicada incluyó la inspección física del edificio y la recolección de muestras *intemperizadas*, las cuales fueron molidas y mezcladas con agua destilada para preparar una muestra analítica. Los parámetros fisicoquímicos determinados permitieron discriminar que aniones y cationes están causando el *intemperismo* del basalto.

Introducción

Las formas de *intemperismo* en una roca corresponden a una descripción del grado de deterioro de la masa. Esto depende de factores ambientales, para los cuales se debe establecer el tipo y la intensidad del parámetro involucrado (Tavares et al, 2005). La geomorfología es una ciencia interdisciplinaria, ya que contempla aspectos de cambios en la roca que la llevan a un estado de equilibrio. Entre estos se puede mencionar: Diagnénesis superficial, Deterioro, Degradación, Decaimiento, Patología de la piedra (Borrelli, 1999; Svahn, 2006). Por ejemplo, en el caso de basalto que se

página al lado

Catedral iluminada.
Foto: Fauricio Hernandez
Samaca

tiene puede ocurrir un *intemperismo* físico, químico y mecánico cuyas consecuencias pueden manifestarse como fracturamiento.

Diagnóstico del proceso intemperizador en las rocas

La evolución de la roca ante los factores ambientales se puede diagnosticar considerando la información física, química y biológica:

- Determinación de cómo inicia, cuál es su comportamiento, qué factores lo propician y qué procesos ocurren. Mediante este análisis es posible establecer estrategias de control.
- Un diagnóstico contemplando la recopilación de los materiales de construcción y propiedades, la evaluación del estado de deterioro, así como las recomendaciones de preservación (Pope et al, 2002; Fitzner, 2004). Todas ellas deben estar basadas en: decoloración, alteración estructural, precipitación de productos de *intemperismo* (ganancia de masa), y recesión de superficies (pérdida de masa). Este último factor se puede estimar si existe referencia de la geometría previa del objeto de estudio.
- El proceso de *intemperismo* puede ser diferencial en los minerales e inclusiones (picadura/exfoliación), así como incidir en ablandar o endurecer la roca.
- La ocurrencia de *intemperismo* en la parte interna de la roca puede propiciar que el núcleo se reblandezca; con lo cual las zonas que la rodean pueden llegar a fracturarse.
- Las tasas estimadas de *intemperismo* en su mayoría son lineales y con incrementos/decrementos en tiempo. La tasa promedio en general se estima para un proceso de *intemperismo* particular.
- Los cambios químicos y depósitos secundarios requieren la determinación de indicadores (Kryza et al, 2009; Dia et al, 2000; Ahmed et al, 2006; Doehne & Price, 2010; Rodríguez & Sebastian, 1996; Ismail, 2004; El-Gohary&Al-Shorman, 2010) entre los cuales se puede mencionar: la respuesta del material a cambios de temperatura, el impacto de la contaminación atmosférica, el depósito de aerosoles de carbón negro produciendo decoloración, los depósitos secos incluyendo compuestos sulfurosos o nitrogenados que conducen a una disolución ácida, las costras sulfurosas sobre piedra calcárea que ocurren por reacción con el SO₂ atmosférico, los depósitos salinos que propician el crecimiento de cristales, la presencia de microorganismos que llega a producir un decaimiento de tipo biológico.

Es importante establecer el origen de las sales presentes en las rocas, lo cual puede ocurrir a partir de procesos como:

- a. Ser parte de la matriz de la roca.
- b. Haber sido transportada desde la base por procesos de capilaridad.
- c. Haber sido incorporada a partir de la ocurrencia de lluvia, polvo y contaminación, lo cual implica fenómenos de cristalización y solubilidad. Estos tienen una fuerte dependencia de la humedad relativa, el pH y la temperatura.

La presencia de sales en la matriz de la roca propicia que se establezcan

sistemas dinámicos complejos que están sujetos a continuas transformaciones de fase a través de fenómenos de hidratación/deshidratación, así como de cristalización/disolución. Lo anterior conduce a procesos de deterioro que se evidencian como: desintegración granular, exfoliación, exfoliación forzada por humedad desde el interior del material y eventualmente un colapso total del material. Las sales más comunes presentes en muestras intemperizadas tienen aniones como carbonatos (CO_3), sulfatos (SO_4), nitratos (NO_3), cloruros (Cl). Asimismo, entre los cationes se pueden mencionar sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), amonio (NH_4), magnesio (Mg). Entre los problemas asociados a la presencia de las sales se puede mencionar (Ismail, 2004; Borelli, 1999):

- *Presencia de sulfatos y nitratos con un ion común.* En el caso del Na_2SO_4 ocurre que disminuye su solubilidad proporcionalmente al descenso de temperatura; mientras que el NaNO_3 por evaporación se concentra y a saturación produce cristales grandes. En el caso de haber 2 sales con el mismo catión generalmente se favorece la precipitación
- *Ocurrencia de ciclos repetidos de hidratación/deshidratación de sales cristalizadas.* En este caso se llega a producir cambios en el volumen de la roca y, si se agrega la contribución de la temperatura, ocurre una expansión diferencial de las sales. Ejemplo: el paso de thenardita (Na_2SO_4) a Mirabilita ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) crea una expansión del cristal en los microporos.
- La presencia de SO_4 normalmente se evidencia como costras negras sobre material calcáreo. Las eflorescencias pueden ser formación de yeso con apariencia de depósitos blanquecinos. Si existe como agregados entonces se presenta como puntos blancos, apariencia blanquecina de capas que se desprenden. Usualmente está asociado a contenidos elevados de humedad. Asimismo, las picaduras corresponden a la presencia de sub-eflorescencias. Si la migración de la sal a la superficie es más rápida que la velocidad a la que se seca, esto llega a producir eflorescencia por depósito.
- En el caso de los carbonatos al reaccionar con el CO_2 atmosférico pasan de insolubles (CO_3) a solubles (HCO_3), los cuales reaccionan con otra molécula de carbonato aumentando la alcalinidad.
- Las investigaciones han establecido que los cloruros (Cl) son altamente higroscópicos y producen fracturas, mientras que los nitratos (NO_3) son altamente solubles y generan un ambiente corrosivo. Los cloruros son las primeras sales en favorecer la disolución de granos, que aunado a un fenómeno de condensación produce una pulverización de la piedra.
- Las variaciones diurnas de temperatura con adsorción/desorción de agua producen microfacturamiento paralelo a la superficie, lo que se observa como escamas.
- La formación y distribución de las sales en el *intemperismo* de la piedra son función de:
 - a. la clase y concentración de la sal
 - b. la clase de roca y los ciclos de humectación/secado a los que haya estado expuesta

- En objetos al exterior es importante establecer su orientación, la dirección de los vientos preferentes, la incidencia del agua de lluvia, la evolución de la temperatura y la humedad relativa en sus valores extremos (mínimos y máximos). Es importante tener conciencia de que los procesos ambientales de alteración estructural de la piedra ocurren por una acción sinérgica de la lluvia, viento, luz, y ciclos de congelamiento/deshielo.
- En zonas urbanas un factor muy importante es el de la materia particulada emitida por los vehículos, la cual produce sulfatación en las piedras porosas, debido a que el polvo vehicular fija el SO_2 de la atmósfera como $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, lo cual se manifiesta como una costra negra.

El ambiente urbano de la ciudad de Puebla no ha ejercido una acción agresiva sobre el basalto de fachadas en edificios coloniales, sin embargo existen evidencias de que los edificios tienen síntomas de *intemperismo* en sus fachadas.

Como objeto de estudio de este trabajo se seleccionó la Catedral de Puebla, la cual en el cuerpo principal tiene exposición a los agentes ambientales en sus fachadas norte, poniente y sur; sin embargo, en sus torres se tiene exposición a los cuatro puntos cardinales. Asimismo, se procuró estimar el *intemperismo* en estructuras internas de la catedral.

Metodología

Como primera aproximación se consideró una visita de inspección para detectar la ocurrencia de *intemperismo* en las diferentes áreas estructurales de la catedral. Posteriormente se realizan visitas para recuperar las eflorescencias y desprendimientos, para lo cual se aplicaron pruebas destructivas como la recuperación por raspado procurando recuperar aquel material que fácilmente se desprendía.

Posteriormente se consideró el tomar una fotografía microscópica usando un lente 40x, esta fotografía permitió tener una aproximación al tipo de cristales presentes.

La detección de sales solubles se realizó colocando el material recuperado en agua destilada (en proporción 1:2, muestra:agua). En esta solución se determinaron los parámetros de pH y conductividad eléctrica. Posteriormente, se hicieron las diluciones pertinentes con la finalidad de determinar aniones ya sea por pruebas gravimétricas o por espectroscopía visible con el aparato HACH DR2500.

Resultados

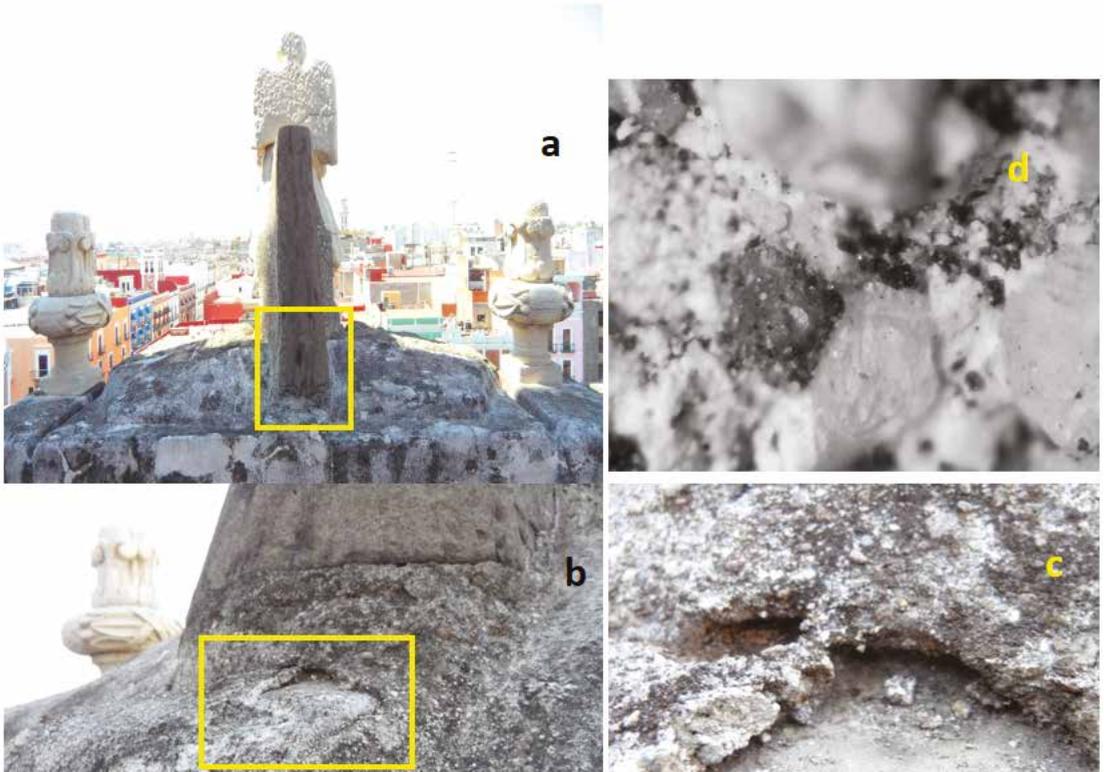
El edificio de Catedral se ubica en el centro histórico de la ciudad de Puebla. Las calles adyacentes a la Catedral corresponden: al norte la calle 3 oriente, al sur la calle 5 oriente, al poniente la calle 16 de septiembre. Se presentan imágenes de algunos puntos donde se evidencia el *intemperismo*, ya sea en esculturas ubicadas en espacios abiertos como la azotea del edificio, elementos arquitectónicos del interior como columnas, y muestras colectadas del basalto recubriendo el exterior del edificio de Catedral, o presentes

en la barda atrial. La discusión de resultados se presenta por cada muestra y al final se incluye una tabla donde se concentran los valores de los parámetros químicos.

Muestra exterior 1. Corresponde a material recuperado en una escultura localizada en la azotea, sobre la portada lateral colindante con la calle 5 oriente (fachada oeste). La Figura 1 muestra: a) la ubicación de la escultura, la cual está totalmente expuesta a factores atmosféricos; b) se muestra un acercamiento a la escultura y al daño detectado; c) una aproximación del sitio donde se recuperó la muestra en la que se observa una textura muy granular, y d) una vista microscópica de la muestra, donde se observa que hay una gran cantidad de cristales. El análisis químico (Tabla 1) evidenció que en orden de importancia los aniones incorporados son carbonatos (dureza total), bicarbonatos (alcalinidad), cloruros, nitratos, sulfatos, fosfatos. (Figura 1)

Muestra exterior 2. Corresponde a una muestra colectada en la azotea de la Catedral, en una escultura ubicada sobre la portada de la fachada sur sobre la calle 5 Oriente. En la Figura 2 se muestra: a) la ubicación de la escultura; b) un acercamiento a la escultura; c) acercamiento al punto del cual se recuperó la muestra, y d) micrografía con detalles de las estructuras cri-

Fig. 1
Daño en escultura localizada en la azotea de la Catedral en la sección sur de la fachada oeste



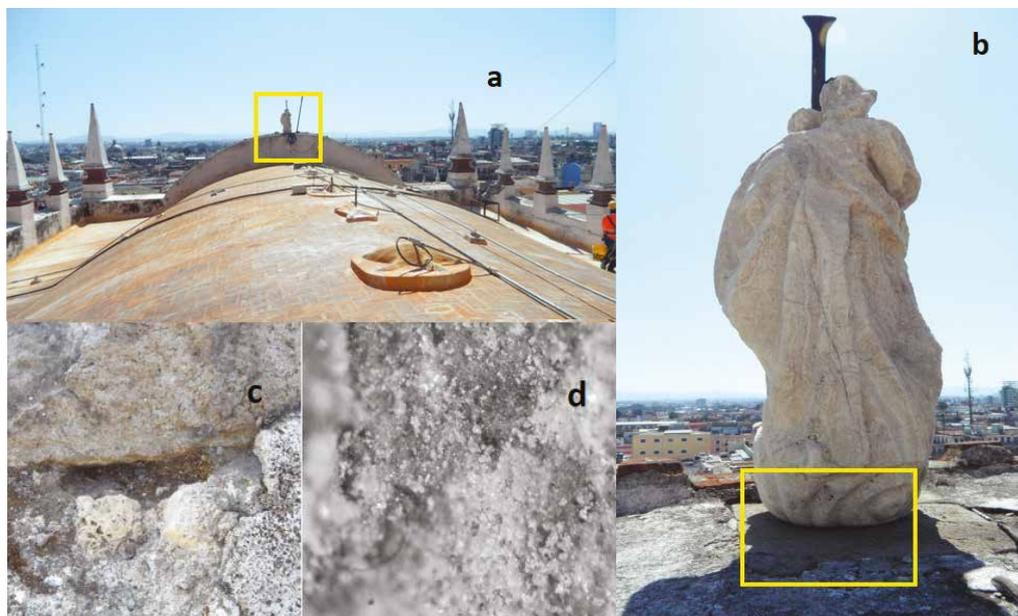


Fig. 2
Daño en la
escultura
localizada en la
azotea sobre la
portada sur de la
Catedral

stalinas. Se puede observar que la estructura del basalto ha sido bastante afectada por gránulos intruidos de diferente tamaño y grado de cristalinidad. Esta escultura tiene mayor exposición a tráfico vehicular, lo cual se evidencia en su contenido de sulfatos y nitratos. En orden de importancia los aniones determinados corresponden a sulfatos, bicarbonatos (alcalinidad), nitratos, cloruros y fosfatos. No se detectó presencia de carbonatos (Tabla 1 – Figura 2).

Muestra exterior 3. Muestra colectada sobre la vista interna de la barda atrial, frente a la fachada oeste (avenida 16 de septiembre), obtenida a 50 cm sobre el nivel del atrio. En esta zona de la barda se tiene la conjunción de materiales, ya que sobre la barda existe herrería y esculturas de ángeles coronando las columnas. En la Figura 3 se muestra: a) Vista de la barda atrial en el lado oeste; b) acercamiento a la zona donde se detectó el daño; c) vista del sector donde se colectó la muestra que evidencia ser un desprendimiento laminar, y d) micrografía de la muestra colectada. Como puede observarse, la muestra mantiene en cierto grado la estructura basáltica con mínima intrusión de cristales; sin embargo, en orden de abundancia se tiene sulfatos, carbonatos (dureza total), bicarbonatos (alcalinidad), nitratos, cloruros, fosfatos; siendo importante notar que sulfatos, carbonatos y bicarbonatos están en cantidades similares (Tabla 1 – Figura 3).

Muestra Exterior 4. Muestra colectada en el guardapolvos de la fachada oeste de la torre norte, colectada a una altura de 1.35 m del nivel del atrio. En la Figura 4 se muestra: a) la vista de la torre norte sobre la fachada poniente, la cual está próxima a la 3 poniente; b) acercamiento a la zona dañada;

c) acercamiento al área dañada, así como d) una micrografía de la muestra colectada. Como puede observarse, en esta muestra la estructura del basalto está consistente; sin embargo, sí se nota una sección diagonal donde la textura se ve pulverizada y de un color blanquecino. Para esta muestra, los aniones en orden de abundancia corresponden a sulfatos, carbonatos (dureza total), alcalinidad (bicarbonatos) nitratos, cloruros y fosfatos (Tabla 1). Cabe mencionar que en esta muestra los carbonatos y bicarbonatos prácticamente están en la misma cantidad, y son aproximadamente 40% de los sulfatos. (Figura 4)

Muestra exterior 5. Muestra colectada en la fachada norte de Catedral a una altura de 1.60 m, en la Figura 5 se muestra: a) Vista panorámica lateral de la fachada norte de Catedral; b) vista frontal de la zona dañada; c) aproxi-

Fig. 3
Daño en la barda atrial del lado oeste, muestra colectada en la parte interna

Fig. 4
Daño en el guardapolvos de base de pilar en la torre norte, fachada oeste





Fig. 5
Daño en el
guardapolvos en
fachada norte

mación al punto donde se colectó la muestra y d) micrografía de la muestra colectada en la cual puede observarse que hay varias franjas cristalinas que varían en color y magnitud. El análisis químico de esta muestra evidencia una altísima incorporación de sales ya que su conductividad es de 7.87 mS cm^{-1} , cuando que las muestras 1-4 presentaron una conductividad inferior a 1 mS cm^{-1} . Los aniones en orden de abundancia corresponden a sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, nitratos, cloruros, fosfatos; aunque resulta muy marcado que esta muestra exhibe una concentración de sulfatos aproximadamente 4 veces la de carbonatos. La alcalinidad y nitratos tienen la misma concentración, y los cloruros están en una cantidad mínima (Tabla 1). Es importante puntualizar que esta fachada norte es la más afectada por lluvia y viento ya que en Puebla la prevalencia de los mismos ocurre en dirección noreste-suroeste la mayor parte del tiempo. (Figura 5)

página al lado

Fig. 6
Daño en la vista interior
de la barda atrial del
lado norte de Catedral

Fig. 7
Daño en la entrada de
la fachada norte de
Catedral

Muestra exterior 6. Muestra colectada en la vista interna de la barda atrial del lado norte de la Catedral, la muestra corresponde a una de las columnas coronada por una escultura en bronce de un ángel, y que fue colectada a 60 cm sobre el nivel del atrio. En la Figura 6 se muestra: a) panorama de la barda atrial; b) vista de la zona dañada; c) acercamiento a la zona dónde se colectó la muestra, d) micrografía de la muestra colectada. En esta muestra se puede observar que la estructura del basalto está consistente, con incorporación de cristales diferentes, pero que no forman vetas como ocurrió en la muestra 5. El análisis químico evidencia una incorporación de sales aproximadamente 2 veces la de las muestras 1-4 ya que su conductividad es de 1 mS cm^{-1} , la abundancia de aniones está en el orden de sulfatos, carbonatos (dureza total), bicarbonatos (alcalinidad), nitratos, cloruros, fosfatos (Tabla 1). Esta sección de la barda está en una zona de alta

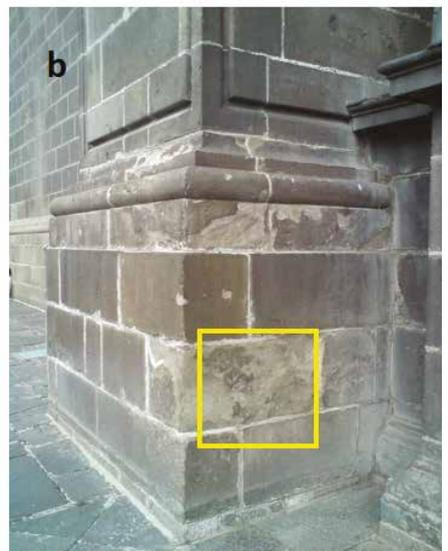
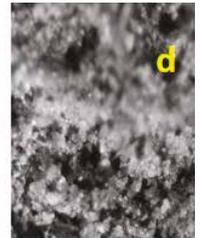
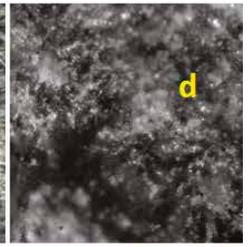
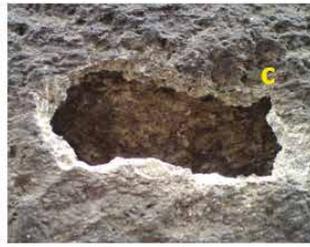
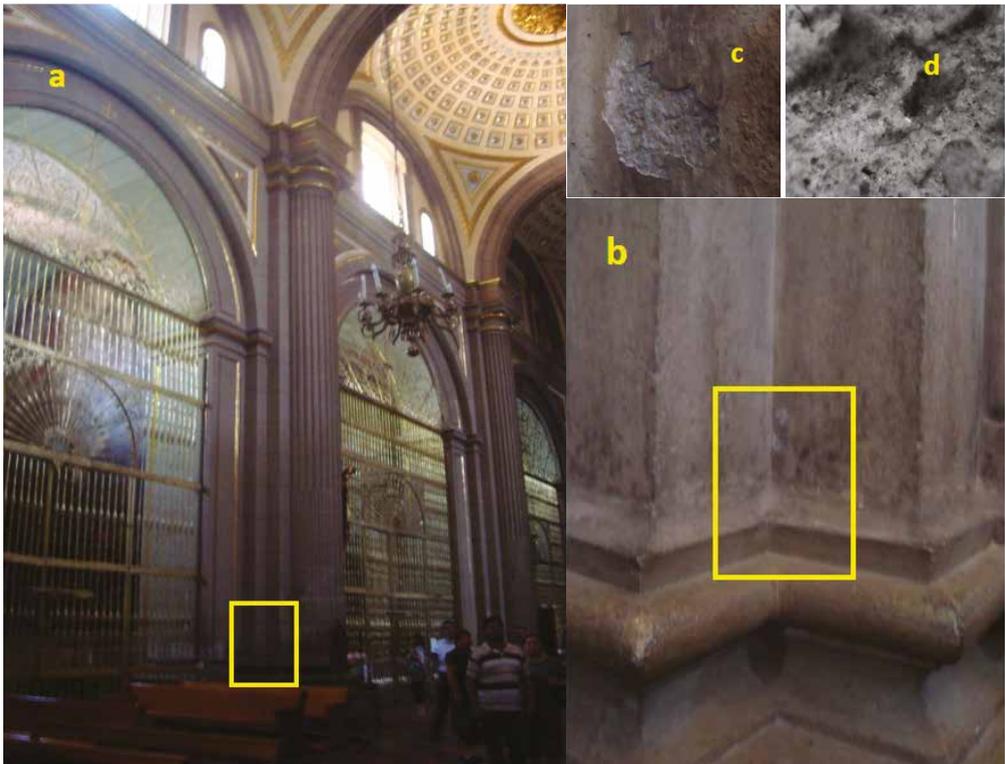


Fig. 8
Daño en columna
de la nave lateral
norte de la
Catedral

incidencia de lluvia y viento; aunque al estar en la parte interna de la barda, minimiza el impacto de iones que en el caso de los sulfatos es aproximadamente la mitad de la concentración detectada en la fachada norte (muestra 5 – Figura 6).

Muestra Exterior 7. Colectada en la entrada de la fachada norte a 53 cm del nivel del atrio, esta muestra exhibe daño pero tiene una incorporación menor de sales ya que la zona muestreada está orientada hacia el poniente. En la Figura 7 se muestra: a) el pórtico de entrada en la fachada norte; b) vista frontal de la zona muestreada; c) detalle del punto donde se colectó la muestra y d) micrografía de la muestra colectada. Como puede observarse, la incorporación de sales corresponde a pequeños gránulos finos, pero abarcando sectores donde ya existe una cierta continuidad, la caracterización química permite observar que la cantidad de carbonatos (dureza total) es similar a la de bicarbonatos (alcalinidad) y ambos son aproximadamente la mitad de los sulfatos. En orden de abundancia se tiene sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos, cloruros, fosfatos (Tabla 1 – Figura 7).

Muestra Interior 1. Colectada al interior de Catedral, corresponde a daño localizado sobre una columna ubicada en la nave lateral norte. En la Figura 8 se muestra; a) una panorámica de la nave donde esta ubicada la columna; b) una aproximación a la columna; c) detalle del punto donde se colectó la muestra, y d) micrografía de la muestra colectada. Esta muestra corresponde a un recubrimiento aplicado sobre la columna para simular



pedra. Sin embargo, es importante caracterizar este tipo de daños, ya que la atmósfera interna del templo también representa un daño para el edificio. En el caso de esta muestra se tiene que hay una incorporación muy alta de sulfatos casi igual a la encontrada en la muestra exterior 5 colectada en la fachada norte. La disolución tiene una conductividad alta (1.76 mS cm^{-1}), la cantidad de carbonatos y bicarbonatos es similar, pero es aproximadamente $1/6$ respecto a los sulfatos; asimismo, los cloruros son mucho más elevados que los de las muestras del exterior; y en cuanto a los nitratos, esta muestra tiene una concentración menor que la muestra exterior 4. El orden de abundancia corresponde a sulfatos, carbonatos (dureza total), bicarbonatos (alcalinidad), nitratos, cloruros y fosfatos. (Figura 8)

Fig. 9
Daño en la entrada del coro en la nave lateral sur

Muestra interior 2. Corresponde al interior de la Catedral de Puebla en el acceso al coro, localizado en la nave lateral sur. En este sitio es dónde se encuentra ubicado el órgano monumental, así como órganos históricos utilizados desde la época virreinal hasta el siglo pasado. La muestra se colectó a una altura de 35 cm respecto al nivel del templo. En la Figura 9 se muestra: a) una panorámica de la nave lateral sur; b) una aproximación al área que exhibe el daño; c) el área donde se colectó la muestra, y d) una micrografía de la muestra. Como puede observarse, el daño está localizado sobre una unión de materiales diferentes con lo cual se buscó adosar un elemento decorativo pero que está totalmente fracturado. La micrografía muestra



Tabla 1.
Parámetros
físicoquímicos de
muestras de daño
por intemperismo:

que la estructura de la muestra tiene una incorporación importante de cristales salinos, teniendo una cantidad de carbonatos que es aproximadamente el doble de los bicarbonatos y la mitad de los sulfatos. También éstos se hallan en concentración similar a los hallados en la fachada norte. En orden de abundancia se tiene sulfatos, carbonatos (dureza total), nitratos, bicarbonatos (alcalinidad), cloruros y sulfatos.

En la Tabla 1 se presenta el concentrado de los parámetros físicoquímicos determinados en las muestras colectadas. Como puede observarse, el pH exhibe valores entre 7 y 8, lo cual permite afirmar que las muestras han tenido cierta acidificación; pero ésta no les da características ácidas, lo cual sería indicativo de un proceso de corrosión acelerada. (Figura 9)

La conductividad eléctrica en la mayoría de las muestras exteriores exhibe valores inferiores a 1, excepto la Exterior 5 que corresponde a una zona de alta frecuencia en lluvia y viento, y por lo mismo resulta ser la de mayor concentración en carbonatos y sulfatos. La exterior es la que tiene mayor contenido de nitratos, lo cual puede deberse a que el polvo atmosférico (de características alcalinas) y el excremento de aves pueden llegar a acumularse. Caso inusual lo presentan las muestras colectadas al interior de la Catedral, ya que ambas exhiben alta concentración de sulfatos; y la Interior 2 aparte presenta la mayor concentración tanto de carbonatos como de nitratos (Tabla 1).

Conclusiones

En este trabajo se presenta una aproximación al diagnóstico de *intemperismo* presente en un edificio de relevancia histórica, como es la Catedral de Puebla. Se evidencia la contribución del medio ambiente en cuanto a

Parámetro	Ext 1	Ext 2	Ext 3	Ext 4	Ext 5	Ext 6	Ext 7	Int 1	Int 2
pH	8.1	8.0	7.5	7.3	7.4	7.2	7.5	7.9	7.22
Conductividad mS/cm	0.4	0.4	0.1	0.6	7.9	1.0	0.7	1.8	9
Dureza Total, mg/Kg	96.8	0.0	145.1	145.2	387.1	258.1	177.4	209.7	709.6
Alcalinidad, mg/Kg	300.0	140.0	120.0	140.0	80.0	140.0	180.0	180.0	300
Cloruros, mg/Kg	69.8	29.9	31.0	39.4	9.8	39.4	59.0	98.5	98.5
Nitratos, mg/Kg	48.0	72.0	72.0	232.0	80.0	112.0	88.0	128.0	424
Fosfatos, mg/Kg	2.4	3.2	3.2	2.4	4.4	5.2	12.4	2.4	2.4
Sulfatos, mg/Kg	20.0	480.0	160.0	320.0	1520.0	640.0	380.0	1200.0	1300

lluvia, viento y en consecuencia al polvo atmosférico. Es importante puntualizar que aunque las muestras no exhiben pHs ácidos, las muestras colectadas en el exterior cubren aproximadamente las expectativas de mayor contenido de sulfatos ya sea por acción de viento y lluvia en la fachada norte (exterior 5 y 6), o por estar próximas a zonas de alta concentración vehicular (exterior 2).

Caso inusual es lo hallado en las muestras interiores, ya que exhiben concentraciones muy altas de sulfatos, nitratos y cloruros, que son precursores de acidez. Sin embargo, el pH de estas muestras está bastante cercano a la neutralidad.

References

- Ahmed, H., Torure, A., Lacsei, J. 2006. "Performance of some commercial consolidating agents on porous limestones from Egypt, Turs and Morattan Quarry". In *Heritage, Weathering & Conservation*. International Conference Madrid, 21-24 Junio. Book of abstracts, ISBN 84-00-08421-7.
- Borrelli, E. 1999. *Conservation of Architectural heritage, historic structures and material salts*, ROMA ICCROM, UNESCO, WHC, ARC laboratoy Handbook. vol 2, ISBN 92-9077.
- Borrelli, E. 1999. *Salts. Laboratory Handbook 3. Conservation of architectural heritage, historic structures and materials*. ICCROM, UNESCO, WHC, Rome.
- Cnudder, V., Jacobs, P.J. S. 2004. "Monitoring of weathering and conservation of building materials through non-destructive X-Ray computed microtomography". *Environmental Geology*, vol. 46, pp.477-485.
- Dia, A., Benedetti, M., Riotte, J., Chabauz, F., Boulegere, J., Bulovide, M., Chauvel, C., Gerard, M., Dervelle, B., Ildefonse, P. 2000. "Chemical weatehring of basaltic lava flows suffering extreme climatic conditions". In *The water geochemistry record. Journal of Conference Abstracts*, vol. 52, pp. 247. Oxford, U. K.
- Doehne, E., Price, C. A. 2010. *Stone conservation. An Overview of current research*. 2nd Edition. ISBN: 978-1-60606-046-9.
- El-Gohary, M. A., Al-Shorman, A. A. 2010. "The impact of the climatic conditions on the decaying of Jordanian basalt at Umm-Qeis: exfoliation as a major deterioration symptom". *Mediterranean Achaeology and Archaeometry*, vol.10, no. 1, pp.143-158.
- El-Gohary, M. 2011. "Chemical deterioration of egyptian limestone affected by saline water". *International Journal of Conservation Science*, vol.2, no.1, pp.17-28.
- Fitzner, B. "Damage diagnosis on Stone monuments. In-situ investigation and Laboratory studies". Geological Institute. Aachen University of Technology. Working Group "Natural stones and weathering".
- Gokaltum, E., 2011. "The changes in the structure of limestone as a result of calcium sulfat (gypsum Stone) formation caused by atmospheric polluters". *World Applied Sciences Journal*, vol. 13, no. 9, pp. 2082-2088.
- Ismail, B. 2004. "Environmental deterioration and conservation of monumental basalt", *Egypt. Ass. Univ. Bull. Environ Res.* vol. 7, no.1, March, pp.153-161.
- Kryza, R., Prell, M., Czechowski, F., Domaradzka, M. 2009. "Acidic weathering of carbonate building stones experimental assesment (preliminary results). *Studia Universitatis Babes-Bolyay*". *Geologia*, vol. 54, no.1, pp. 33-36.
- Pope, G. A., Meierding, T. C., Paradise, T. R. 2002. "Geomorphology's role in the study of weathering of cultural stones". *Geomorphology*, vol.47, pp. 211-225.
- Prasad Gupta, S. 2011. "Conservation of Stone structure by impregnation with tetraethoxysilane". *Int. Journal of Chemical and Analytical Science*, vol. 2, no. 8, pp. 115-119.
- Rodriguez Navarro, C., Sebastian, E. 1996. "Role of the particulate matter from vehicle exhaust on porous Stone (limestone) sulfation". *The Science of the Total Environment*, Elsevier, vol.187, pp. 79-91.
- Svahn, H. 2006. "Non destructive field testing" in *Stone conservation*. Riksanstievaneambetet. ISBN 10:91-7209-4345
- Tavares, M., Magalhaes, A.C. Veiga, M. R. Aguilar, J. 2005. "Métodos de diagnóstico para revestimientos de edificios antiguos. Importancia y aplicabilidad de los ensayos in-situ". *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*. PH. vol. Abril.
- Undrum, H. 2006. Silicate or epoxy zinc primers. The superior protection. *JOTUN AS, JOTUN Coatings Marine and Protective Coatings Lab*, vol. April, pp.1-16.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE