

I RISULTATI DELLE INDAGINI SCIENTIFICHE IN CAMPO ARCHEOLOGICO: IL PROBLEMA DELL'ARCHIVIAZIONE

1. PREMESSA

Come è noto l'utilizzazione di indagini scientifiche applicate ai Beni Culturali sta divenendo una realtà sempre più diffusa, con la conseguente produzione di un crescente numero di dati. Fino ad alcuni decenni fa le indagini scientifiche sui reperti archeologici o artistici erano piuttosto sporadiche, per cui era possibile legare la loro diffusione alla pubblicazione del materiale in esame, in genere sotto forma di appendice. Nel passato, grazie alla episodicità di tali impieghi, qualche volta le pubblicazioni contenevano un'approfondita discussione della tecnica utilizzata, con la esemplificazione dei risultati ottenuti, altre volte fornivano solamente i risultati sia sotto forma di dati quantitativi che di conclusioni, senza un riferimento diretto ai risultati stessi.

Appare oggi sempre più evidente come la funzione della pubblicazione dei risultati di una ricerca archeometrica non sia quella di sostituire l'archivio dei dati ottenuti ed elaborati nel corso della ricerca stessa, bensì di fornire i risultati e le conclusioni a cui si è pervenuti.

I dati richiedono invece un'archiviazione e una diffusione allo stesso modo dei dati descrittivi. D'altra parte solo la maggiore disponibilità di risultati di indagini scientifiche permette di ipotizzare un ampliamento dei criteri tradizionali di classificazione dei materiali, utilizzando per l'appunto dati qualitativi e quantitativi ottenuti grazie a tali indagini.

2. L'ARCHIVIAZIONE DEI DATI È UN PROBLEMA ANCORA IRRISOLTO

Per esemplificare il problema facciamo riferimento ad un importante restauro di un'opera d'arte quale il Marco Aurelio. In genere il lavoro di restauro viene preceduto e accompagnato da una serie di indagini sia di tipo diagnostico (radiografie, termografie, etc.), sia di tipo quantitativo (analisi delle leghe, porosità, etc.). La notevole mole dei risultati ottenuti non viene di norma pubblicata, anche perché alcuni risultati possono essere ripetitivi. Nella complessa opera di indagine sul Marco Aurelio hanno partecipato, come normalmente avviene, numerosi specialisti, ognuno dei quali ha utilizzato i metodi propri della sua disciplina. Nella pubblicazione scritta viene operata naturalmente una selezione molto rigida dei dati, legata alla interpretazione prodotta dagli studiosi: i risultati che non sono stati ritenuti significativi vengono così necessariamente omessi. Tale selezione, operata a monte sul record, produce perdita di informazione e nel contempo rende difficile verifi-

care le conclusioni raggiunte, o utilizzare gli stessi dati a supporto di nuove deduzioni. Solo l'accesso ai dati sperimentali nella loro globalità può infatti consentire una eventuale rilettura critica dei risultati stessi. Del resto non è possibile prevedere come i futuri indirizzi degli studi porteranno a rileggere i dati oggi prodotti.

Si tenga inoltre presente che la natura stessa del materiale archeologico, per la sua unicità, rende difficilmente ripetibili certe indagini, per cui è indispensabile poter accedere con relativa facilità ai risultati originari.

La reperibilità delle informazioni è legata alla definizione di regole di archiviazione, cioè all'individuazione di una collocazione "fisica" dell'archivio e alla disponibilità di un formato standard che permetta la gestione informatizzata dei dati.

3. UN'ARCHIVIAZIONE INCOMPLETA DEI DATI COMPORTA DEI RISCHI PER LA CONSERVAZIONE DEGLI STESSI DATI

Le diverse indagini scientifiche possono essere generalmente classificate in due categorie: immagini e segnali. Il formato di tali dati è stato largamente studiato in letteratura ed esistono sistemi standard di archiviazione e di trasmissione.

In particolare la larga disponibilità di calcolatori fa sì che praticamente tutti i sistemi di acquisizione attualmente usati prevedano l'archiviazione dei dati su un supporto di memoria di massa. In questo senso è inutile affrontare il problema di come trasmettere i dati: basta adeguarsi agli standard internazionali.

Al momento attuale è invece assai problematico accedere ai dati che sono dispersi nella moltitudine dei laboratori che li hanno prodotti. Va inoltre segnalato a questo proposito come sovente tali laboratori, non essendo istituzionalmente legati ai Beni Culturali, non conservino per lungo tempo i dati.

Il problema è quindi quello di studiare delle metodologie di archiviazione e di trasferimento delle informazioni, che consentano al singolo studioso di conoscere l'esistenza di determinati risultati di indagine e di potervi accedere.

Occorre sottolineare che la diffusione dell'informatica rappresenta da questo punto di vista un rischio, in quanto mentre nel passato l'archiviazione cartacea di dati scientifici (spettri, fotografie, etc.) non presentava problemi di leggibilità da parte del potenziale fruitore, attualmente non è remota la possibilità che dati pur disponibili non siano leggibili. Ciò è particolarmente vero nel caso delle immagini che attualmente sono archiviate con formati molto diversi, che per lo più non permettono di associare all'immagine stessa tutte quelle informazioni relative sia all'oggetto studiato sia alla tecnica impiegata nell'acquisizione dell'immagine, informazioni indispensabili alla rilettura del record.

In particolare esistono formati-immagine standard che hanno una larga diffusione e che sono stati usati anche nel settore dei Beni Culturali; il loro limite è, come detto, quello di non consentire l'associazione all'immagine di tutte le informazioni necessarie, per cui risulta pericoloso il loro impiego in questo particolare settore.

4. UN ESEMPIO: L'ARCHIVIAZIONE DI SEGNALI PRODOTTI UTILIZZANDO LA FLUORESCENZA A RAGGI X

Un passo necessario alla definizione di formati standard per l'archiviazione e il trasferimento dei dati dovrebbe essere quello di consultare i ricercatori dei vari settori per studiare la maniera più efficace di trasferire i dati interattivamente. Si può certamente affermare che la conservazione dei segnali costituisce un problema meno oneroso rispetto alla conservazione delle immagini, per le quali si deve studiare quando sia possibile utilizzare sistemi di compressione "senza perdite" (error free), quando siano invece applicabili sistemi di memorizzazione meno gravosi.

L'evoluzione attuale delle indagini scientifiche sui Beni Culturali tende a realizzare sistemi di acquisizione dati che gestiscano più tecniche di misura. In alcuni casi è prevedibile che tali sistemi possano essere portati consentendo di effettuare le misurazioni in loco.

Nell'ambito dei progetti per la realizzazione di tali sistemi mobili si è già cominciato a studiare il problema di standardizzare il formato dei dati, in modo che siano confrontabili tra loro i risultati delle misure effettuate in condizioni diverse.

In particolare nel campo della fluorescenza X (XRF), una tecnica di analisi basata sulla spettrometria dei raggi X, si è studiata tale problematica, poiché l'uso di sistemi informatici è basilare per decodificare gli spettri e tradurli in numeri comprensibili agli operatori del campo archeologico.

Il metodo XRF consiste nel sottoporre un campione ad un fascio di raggi X; questi provocano l'eccitazione degli atomi i quali, tornando allo stato stabile, emettono raggi X caratteristici di ogni elemento. Il segnale catturato da un apposito rivelatore viene rappresentato in uno spettro in cui ogni picco corrisponde ad un elemento. Dalla posizione del picco si può risalire all'elemento, dall'area del picco si ricava l'abbondanza relativa dell'elemento. Lo spettro consiste in una matrice di numeri.

Il sistematico uso che si è fatto negli ultimi anni della fluorescenza dei raggi X nel settore dei Beni Culturali, ha permesso di sviluppare una sensibilità per i problemi che si incontrano nella archiviazione e nel riutilizzo dei risultati.

Si potrebbe pensare che se l'indagine di fluorescenza è condotta in maniera quantitativa o semi-quantitativa, come ad esempio del caso dei metalli, il risultato dell'analisi sia l'unico dato che occorre conservare. Ciò non è vero

perché, soprattutto per le indagini semi-quantitative, come nel caso dell'uso non distruttivo della fluorescenza, la deduzione del risultato finale richiede:

- la elaborazione dello spettro acquisito, in altre parole il calcolo delle aree dei picchi e la sottrazione del fondo,
- l'uso di un modello analitico di elaborazione dei dati e
- l'uso di campioni standard.

Il procedimento con cui si arriva al risultato non è quindi univoco, bensì subordinato a delle scelte. Nel caso di alcune particolari indagini può essere addirittura più importante accedere direttamente allo spettro e ai rapporti tra i vari picchi dello spettro che non ai dati quantitativi dedotti, per poter trarre nuovi risultati dai dati prodotti nel corso delle misure.

Queste considerazioni mostrano come il dato principale che deve essere archiviato sia lo spettro; nello specifico esistono diversi sistemi standard di archiviazione degli spettri, utilizzati comunemente in diversi settori scientifici. Tali formati possono essere tenuti presenti per la definizione del formato dati negli studi archeometrici, ma non possono essere importati senza alcuna modifica, perché non consentono una corretta archiviazione dello spettro. Essi prevedono infatti solo l'archiviazione di tutti i dati inerenti al sistema di misura (ad esempio sorgente e rivelatore utilizzati, tensione di alimentazione, etc.). Nel caso di reperti archeologici o artistici è indispensabile tuttavia individuare sia il punto su cui è stata effettuata la misura o il prelievo, sia la modalità con cui è stata effettuata l'indagine. Per quanto riguarda la individuazione visiva del punto cui si riferisce una data analisi, una soluzione a tale problema può essere quella di produrre durante la misurazione delle immagini digitalizzate micro- e macroscopiche da allegare al file di dati. Nel caso dei metalli (Fig. 1) può essere opportuno fornire un'immagine del punto di misurazione (mediante fotografia digitalizzata o disegno) con la evidenziazione del punto spatinato che potrebbe non essere più riconoscibile in seguito.

Tutte le informazioni indicate come necessarie alla comprensione dei risultati dovrebbero essere necessariamente inglobate nell'*header* del file e soprattutto dovrebbero essere fornite in modalità standard.

A titolo esemplificativo riportiamo qui una proposta di un possibile formato-dati di fluorescenza per indagini sui metalli. Nelle Figg. 2-3 sono presentati due spettri relativi rispettivamente ad un oggetto di bronzo e ad una ceramica; in Fig. 4 è presentato parte del contenuto di uno spettro e tutti i dati relativi alle condizioni di misura (taratura in energia, tensione del tubo, etc.); in Fig. 5 è il testo di un possibile *header* nel caso di analisi eseguite su materiali archeologici.

Un altro strumento molto usato nello studio dei reperti archeologici è il microscopio elettronico interfacciato a microsonda. Nel caso di analisi condotte mediante tale strumento la situazione si presenta più complessa dal momento che esiste uno spettro come il precedente associato a ciascun punto

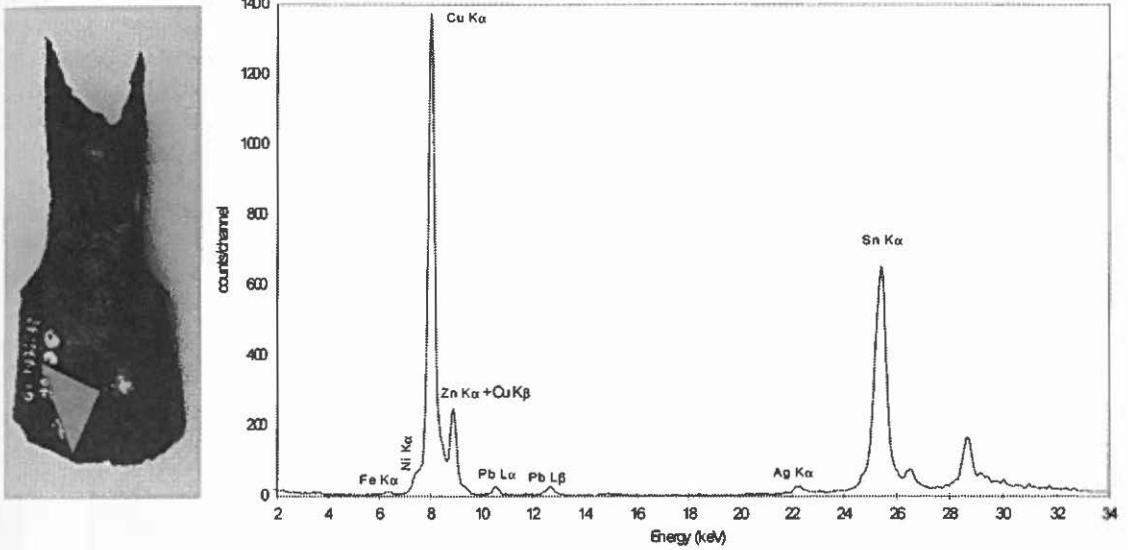


Fig. 1 - Immagine di un manufatto antico in bronzo in cui è evidenziato il punto dell'analisi.
Fig. 2 - Spettro XRF del punto evidenziato nel manufatto in Fig. 1.

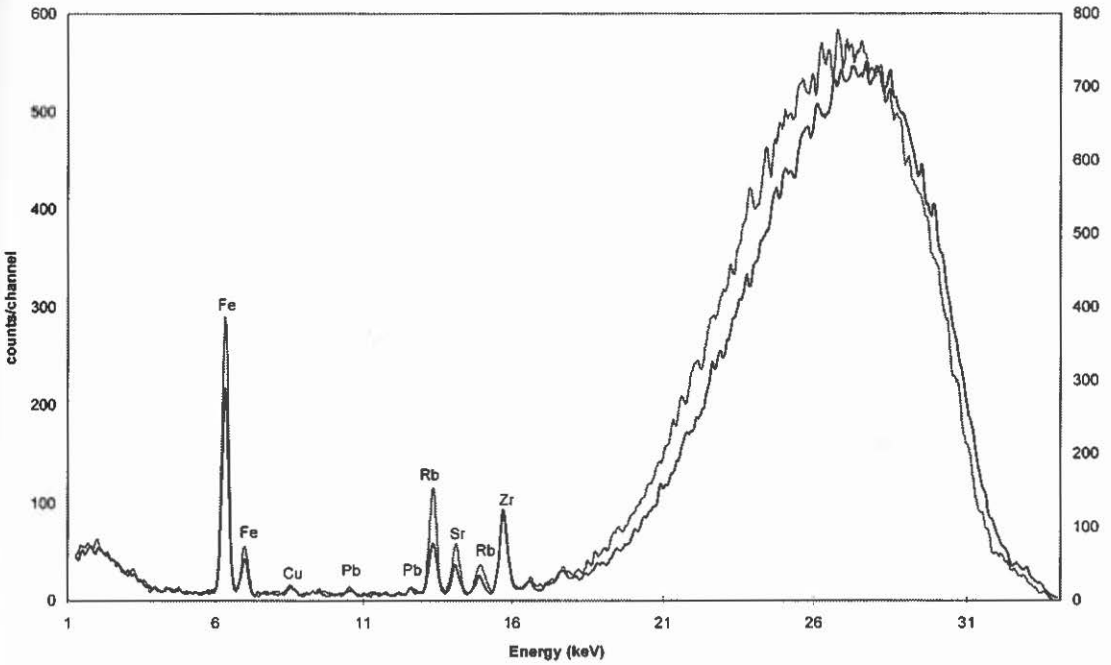


Fig. 3 - Spettri XRF di due punti della superficie di una ceramica dipinta.

```
Nome del file:.....
Data:.....
Ora inizio acquisizione:
Realtime:
Livetime:                               Deadtime:
Rivelatore:                             Risoluzione a 5.9 keV:
Sorgente eccitatrice: a) Sorgente Radioisotopica - Radioisotopo:
                                                Energie di emissione:
                                                b) Tubo a raggi X - tensione: (KV) corrente: ( $\mu$ a)
                                                Emissione diretta: filtraggio intrinseco: filtro:
Targhetta secondaria: Elemento:         Energie emesse:
Calibrazione: Energia1:                 Canale1:
                                                Energia2:                 Canale2:
                                                Energia3:                 Canale3:

Conteggi totali nello spettro:
Canale   Conteggi
1         95
2         89
3         75
4         83
5         112
6         109
7         131
8         139
9         123
10        108
11        148
12        188
13        270
14        347
15        463
16        469
17        408
18        270
19        224
20        155
21        150
22        113
23        97
24        103
25        112
26        80
27        88
28        92
29        95
30        99
31        130
32        147
33        191
34        242
35        336
36        354
.....
```

Fig. 4 - Parte iniziale di un file contenente uno spettro.

Numero di inventario:
Codice di identificazione della scheda RA:
Riferimento al file immagine prodotto durante la misura:
Luogo Intervento:
Stato di conservazione della zona esaminata:
Presenza di altre indagini sulla stessa zona:
Modalità di esecuzione dell'esame:
a) Non distruttiva - Numero di punti esaminati:
Precisione del puntamento: (mm)
Spatinatura superficiale:
b) Mediante prelievo - Quantità di materiale: (mg)
Preparazione del campione:
Indagine qualitativa - Motivazioni della scelta:
Indagine (semi) quantitativa - Tipo di calibrazione:
Metodo di analisi impiegato:
Commenti:
Risultati dell'esame: Elementi trovati:
Conteggi nelle ROI:
Concentrazioni elementi:

Fig. 5 - Proposta di una testata per il record dei dati di analisi di materiali archeologici.

dell'immagine (Tav. XX, c-d) che costituisce il risultato dell'indagine. In questo caso la mole dei dati che occorre archiviare è molto più grande e la soluzione del problema non può essere che definita dalla équipe degli studiosi che usano in campo archeologico tale tecnica e che sanno quali sono realmente le informazioni indispensabili.

Questi due esempi mostrano come la soluzione al problema non sia per nulla semplice e come sia possibile commettere errori soprattutto in assenza di indicazioni da parte di utenti esperti.

5. CONCLUSIONI

Siamo ormai entrati in una nuova realtà in cui i dati scientifici divengono indispensabili per connotare e comprendere a pieno il record archeologico. In questo contesto la grande quantità di dati prodotti non può essere gestita che mediante metodologie informatiche appositamente studiate.

Per tutte le tecniche vanno individuate le informazioni necessarie e sufficienti a connotare i dati così come illustrato nell'esempio e questo è compito della comunità scientifica nel senso più ampio del termine. Il complesso di tali informazioni non deve restare disperso nei singoli laboratori con il rischio di una perdita totale, ma dovrebbe essere archiviato presso una istituzione centrale legata al Ministero dei Beni Culturali e Ambientali o al Mini-

stero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica e messo a disposizione degli studiosi.

ILARIA BONINCONTRO

C.I.S.A.D.U., Università di Roma "La Sapienza"

CLAUDIO GIARDINO

**Dipartimento di Ingegneria chimica, dei materiali,
delle materie prime e metallurgia
Università di Roma "La Sapienza"**

GIOVANNI ETTORE GIGANTE

**Dipartimento di Fisica
Università di Roma "La Sapienza"**

ABSTRACT

This study deals with the correct storage of data relative to scientific analysis of Cultural Heritage. The analysis of the present situation shows the high-rated danger of information scattering. The data acquired in scientific analysis appear as signals and images. The different problems involved in both cases have been discussed. The case of the XRF spectra is presented as detailed examples of the proposed approach.