

## PRODURRE TESSERE D'ORO: BORDI DI PIASTRA, RICETTARI, ANALISI ARCHEOMETRICHE

Il presente articolo propone i primi risultati di un progetto che prevede uno studio tecnico e archeometrico delle tessere a foglia d'oro.

La conoscenza dei materiali musivi e delle loro tecniche di realizzazione sono, infatti, un importante prodromo alla comprensione e alla storicizzazione dei *tesselata vitrea* parietali, soprattutto in relazione al panorama delle analisi archeometriche dei materiali vitrei, che va sempre di più delineando indicatori di tecnologia, cronologia e provenienza<sup>1</sup>. Non possono che risulterne arricchite le informazioni sull'approvvigionamento, sull'entità dell'investimento, sull'origine dei materiali e delle maestranze e sul lasso temporale di realizzazione di un cantiere musivo.

In questo senso particolarmente interessante risulta l'analisi delle tessere a foglia metallica che si differenziano da quelle colorate per materiali e procedura esecutiva. Per queste, infatti, non si è tentata finora un'analisi comparata delle componenti vitree e metalliche che consideri un ampio ambito cronologico e geografico.

Le tessere a foglia d'oro, usate dal I sec. d.C.<sup>2</sup>, sono costituite da una lamina a foglia d'oro (spessore <1 µm) fissata tra uno strato di vetro colato, il supporto (spessore <1cm) e uno strato di vetro soffiato (spessore <1mm) la cartellina (fig. 1).

La struttura cosiddetta a sandwich, invariata nel corso dei secoli, richiede un complesso processo di realizzazione che, nonostante l'ampia letteratura sul soggetto, non è ancora noto in tutti i suoi aspetti: quale procedimento permette la coesione tra i tre strati? Esistono diverse tecniche esecutive per realizzare questi prodotti? Erano artigiani specializzati che li fabbricavano? In quali centri? Intorno a queste e altre domande diversi autori hanno cercato di classificare le tessere a fo-

<sup>1</sup> L'articolo si deve ad una stretta collaborazione tra gli autori. Marco Verità ha svolto interamente la parte analitica con il supporto di Alberto Conventi. L'interpretazione dei dati è condivisa dagli autori. Tuttavia la loro presentazione in questa sede si deve interamente a Elisabetta Neri. Un ringraziamento sentito va alle autorità che hanno autorizzato l'analisi dei campioni e a Ermanno Arslan e Claudia Perassi per la consulenza in materia numismatica. Un'efficace sintesi del panorama dei risultati delle analisi archeometriche sui materiali vitrei è proposta in M. VERITÀ, 'Perle vitree dalle necropoli longobarde in Italia. Natura dei materiali e tecniche di lavorazione', in *Archeologia medievale a Trezzo sull'Adda. Il sepolcreto longobardo e l'oratorio di San Martino. Le chiese di S. Stefano e di San Michele in Sallianense*, a cura di S. Lusuardi Siena e C. Giostra, c.s. Sul potenziale informativo delle analisi archeometriche cfr. IDEM, 'Technology and deterioration of vitreous mosaic tesserae' in *Reviews in Conservation*, 1, 2000, pp. 65-76; indicazioni utili particolarmente calibrate all'interpretazione archeologica del dato analitico sono contenuti in B. GRATUZE, 'Le verre: les elements de reponses que peuvent proposer les methodes de caraterisation physico-chimiques aux problematiques archeologiques posées par ce materiau' in *RArchéom*, 18, 1994, pp. 75-87, B. GRATUZE, 'Etudes de verres anciens par le technique de laboratoire' in F. STILINE, *L'histoire du verre. L'antiquité*, Paris 2005, pp. 158-160. Per l'età romana risulta significativo il recente lavoro presentato in C. BOSCHETTI, 'Vitreous materials in early mosaics in Italy: faïence, Egyptian blue and glass', in *JGlassStud*, 53, 2011, pp. 59-91.

<sup>2</sup> Tra le attestazioni più antiche si ricordano il Ninfeo di Lucullo (M. BARTOLI, V. COUSI, F. FELICI, 'Il mosaico parietale del ninfeo di Lucullo sotto il palazzo nuovo della Bibliotheca Hertziana a Roma. Nuove acquisizioni e progetto di restauro', in *AISCOM XIV*, p. 513) e della *Domus Aurea* (E. SEGALA, I. SCIORTINO, *Domus Aurea*, Roma 2005, p. 60).

glia metallica in base ad osservazioni autoptiche e a quanto riportato nei ricettari, raramente creando una connessione tra i due tipi di fonte (ricettari e tessere) e cercando nei prodotti finiti l'esito materiale dei gesti dell'artigiano descritti nei manuali<sup>3</sup>. L'indagine dettagliata e microscopica dei materiali impiegati e delle tracce dei gesti decritti dai ricettari può apportare nuovi dati in questo senso.

### *Le tecniche di fabbricazione*

I rinvenimenti archeologici confermano che le tessere a foglia d'oro vengono tagliate da piastre circolari di dimensioni analoghe a quelle delle piastre colorate (diametro: 13-14 cm) (fig. 2), oppure da lingue (fig. 3), piastre allungate di forma sub rettangolare. Informazioni sulle tecniche di formatura si possono ricavare anche dai bordi di piastra della dimensione di una tessera, i reperti più frequenti. Da questi – riconoscibili per la presenza di un lato bombato, non tagliato – si possono osservare diversità di esecuzione: sono ad esempio individuabili vari tipi di bordi di piastra generati da diverse procedure di composizione (fig. 4) o tracce del distaccante argilloso sul retro del supporto o sulla cartellina (fig. 5).

La piastra più antica ad oggi nota, di provenienza aquileiese, è purtroppo di incerta cronologia (II-IV sec.)<sup>4</sup>. Un reperto eccezionale per stato di conservazione è quella proveniente da Saint-Sever (diametro supposto: 13 cm), datata non prima del V sec. e verosimilmente appartenente ad una chiesa paleocristiana costruita su un monumento pubblico tardo antico (fig. 2)<sup>5</sup>.

<sup>3</sup> I. FIORENTINI RONCUZZI, *Il mosaico. Materiali e tecniche dalle origini ad oggi*, Ravenna 1984, p. 81; D. STIAFFINI, 'Ricette e ricettari medievali: fonti per una storia delle tecniche di produzione delle tessere musive vitree', in *Medieval mosaics, light, color, materials*, a cura di E. Borsook, F. Gioffredi Superbi e G. Pagliarulo, Cinisello Balsamo 2000, pp. 82-89; C. MORETTI, T. TONIATO, *Ricette vetrarie del Rinascimento. Trascrizione da un manoscritto anonimo veneziano*, Venezia 2001, pp. 49-53; B. PALAZZO-BERTHOLON, 'Compositions des tesselles des mosaïques en verre au 6<sup>e</sup> siècle en Gaule: Bordeaux, Tours, Nevers et Poitiers', in *Vitraill, verre et archéologie entre le 5<sup>e</sup> et le 12<sup>e</sup> siècle*, édité par S. Balcon-Berry, F. Perrot et Ch. Sapin, Paris 2009, pp. 33-38 (con bibliografia). Di recente sui problemi di resistenza meccanica e adesione V.M. SGLAVO, 'Il mosaico d'oro: resistenza meccanica e adesione', in *Atti del I convegno interdisciplinare sul vetro nei beni culturali nell'arte di ieri e di oggi* (Parma 27-28 novembre 2008), Parma 2009, pp. 61-70. Un'analisi comparata di fonti documentarie e materiali è stata condotta per le piastre della collezione Toppo, provenienti da Aquileia e conservate al museo di Udine: M. VERITÀ 2006, 'Tessere vitree a foglia d'oro nei mosaici di Aquileia', in *QuadFriul*, XVI, pp. 7-12; per i bordi di piastra di Monreale: M. VERITÀ, S. RAPISARDA, 'Studio analitico di materiali musivi vitrei del XII-XIII secolo dalla Basilica di Monreale a Palermo', in *Rivista della stazione sperimentale del vetro*, 2008, pp. 15-29. Un'analisi accurata delle fonti e dei dati materiali a disposizione è ben riassunta in P. POGLIANI, 'Tessere dorate: informazioni tecniche a confronto', in *Il mosaico parietale. Trattatistica e ricette dall'Alto Medioevo al Settecento*, a cura di C. Seccaroni e P. Pogliani, Roma 2010, pp. 43-55.

<sup>4</sup> Il manufatto, di incerta cronologia (II-IV sec.) è oggi conservato presso i musei Civici di Udine e appartenente alla collezione Toppo (M. BUORA, *Vetri antichi del museo archeologico di Udine: i vetri di Aquileia della collezione Toppo e i materiali da altre collezioni e da scavi recenti*, Venezia, 2004; VERITÀ 2006, cit. nota 3, reperto 659G, fig. 2). Seppur non sia possibile riconoscere la forma originaria della piastra si nota come cartellina e foglia d'oro abbiano bordi quadrati con dimensioni compatibili, segno che la cartellina veniva tagliata delle dimensioni della foglia d'oro. La foglia fuoriesce leggermente dalla cartellina, indice del fatto che non era preventivamente applicata alla cartellina. Il bordo ondulato è causato dallo schiacciamento, avvenuto quando il vetro del supporto era ancora plastico.

<sup>5</sup> D. FOY, 'Produits semi-finis colorés pour mosaïstes, orfèvres et verriers. Antiquité tardive et Moyen Age. Premiers résultats d'une enquête en cours', in *Bulletin de l'AFAV*, 2007, pp. 43-52; IDEM, 'Les Revêtements muraux en verre à la fin de l'Antiquité : quelques témoignages en Gaule méridionale' in *JGlassStud*, 50, 2008, pp. 59-60. In questa piastra la foglia d'oro doveva avere un lato compreso tra i 7 e i 10 cm, la cartellina è di dimensioni maggiori rispetto alla foglia e ricopre il supporto, rilassandosi sui bordi. Una piastra simile per dimensioni e caratteristiche è stata rinvenuta a Tell Hesban in Giordania, datata VI sec. (S. GOLDSTEIN, 'Glass Fragments from Tell Hesbân', in *Andrews University Seminary Studies*, t. 14, n°1, 1976, p. 129, pl. XIB).

Le lingue permettevano di moltiplicare la superficie da cui ricavare le tessere accostando più foglie auree e minimizzando la complicata reiterazione del processo; questo implicava tuttavia l'utilizzo di guide di legno o di stampi in cui colare il vetro. Non è noto da quando gli artigiani abbiano cominciato a produrre lingue; se il termine è, infatti, utilizzato a partire dall'inizio del XIV sec.<sup>6</sup>, i primi rinvenimenti materiali sono quelli effettuati nella basilica di San Marco a Venezia, datati XII sec.<sup>7</sup> (fig. 3). Tuttavia l'individuazione, tra le tessere sciolte rinvenute in diversi edifici milanesi, di tessere in cui si nota l'accostamento di più foglie auree farebbe retrodatare questa procedura almeno dalla fine del IV-inizi V sec. (fig. 6).

Un'utile guida alla comprensione delle tecniche seguite sono i ricettari medievali e rinascimentali, soprattutto se comparati a quanto osservabile direttamente sulle tessere e sulle piastre.

D'altronde le tessere a foglia d'oro sono considerate le più complesse da realizzare e per questo le tecniche esecutive sono le più descritte nei ricettari<sup>8</sup>. Procedure e suggerimenti sono riportate nei tre trattati medievali noti che presentano riferimenti espliciti alla tecnica musiva: le *Compositiones ad tingenda musiva* (VIII sec.), la *Mappae Clavicula* (X sec.), il *De diversis artibus* (XII sec.)<sup>9</sup>. Tra il XII secolo e la fine del XIV non sono documentati testi che contengono ricette sul mosaico a foglia metallica, come più in generale sul mosaico. Della fine del XIV sec. è un anonimo manoscritto toscano, all'interno del quale il primo trattatello presenta al cap. XXII la ricetta *Per mettere l'oro in sul vetro*<sup>10</sup>. In seguito tutte le fonti edite che riportano ricette di piastre vitree<sup>11</sup>, ad eccezione del *Modo di fare i smalti coloriti dato da Alessio Mattioli*<sup>12</sup>, forniscono indicazioni sull'argomento.

<sup>6</sup> Nel 1325, per sopperire alla produzione di lingue insufficiente al cantiere della facciata del duomo della fornace di Orvieto, vengono acquistate un centinaio di lingue d'oro a Roma. I documenti sono citati in L. ZECCHIN, *Vetro e vetrai di Murano. Studi sulla storia del vetro*, Venezia 1990, pp. 351-356; M. MENDERA, 'Produzione vitrea medievale in Italia e fabbricazione di tessere musive', in *Medieval mosaics* 2000, cit. a nota 3, pp. 132-133.

<sup>7</sup> Nella basilica di San Marco, nel 1964, fra i materiali di reimpiego utilizzati nella sottofondazione del pavimento del matroneo sono state trovate quattro piastre di vetro trasparente, due attualmente esposte nel museo delle procuratorie, due nel laboratorio di restauro delle procuratorie. Cenno di questo rinvenimento è anche riferito in ZECCHIN 1990, cit. a nota 6. Devo alla cortesia dell'architetto Vio l'esame dei materiali e della documentazione relativa.

<sup>8</sup> F.R. MORETTI, P. POGLIANI, C. SECCARONI, 'Le fonti sulla tecnica musiva parietale', in *Il mosaico parietale* 2010, cit. a nota 3, pp. 10-21.

<sup>9</sup> Le *Compositiones ad tingenda musiva* sono un'opera miscellanea di ricette sulla tintura di vetro, pelli, tessuti e sulla doratura di metalli, che deve il titolo a L.A. Muratori, curatore della prima edizione critica. Il codice 490 è conservato alla biblioteca capitolare di Lucca ed è versimilmente elaborato da una fonte greca alla fine del VIII sec. H. HEDFORS, *Compositiones ad tingenda musiva, herausgegeben, übersetzt und philologisch erklärt*, Uppsala 1932. R. SILVA, 'L'imitazione di Roma e l'attività artistica a Lucca in età carolingia: il significato di una scelta', in *Arte medievale*, s. 2, 3, 1, 1989, pp. 1-6. La *Mappae Clavicula* è un'ampia raccolta di tecniche artistiche forse assemblata in parte nel IX sec., ma di cui sono note due versioni principali una della fine del X sec. e l'altra del XII. Questa presenta numerose ricette identiche alle *Compositiones* TH. PHILLIPPS, 'Mappae Clavicula, a Treatise on the Preparation of Pigments during the Middle Ages', in *Archaeologia*, 32, 1847, pp. 183-244. Il *De diversis artibus* è un trattato tecnico dell'inizio del XII sec., legato al misterioso nome di Teofilo, strutturato in tre libri dedicati alla pittura, al vetro e alla metallurgia A. SPEER, H. WESTERMANN-ANGERHAUSEN, 'Ein Handbuch mitteralterlicher Kunst? Zu einer Relecture der *Schedula diversarum artium*', in *Schatzkunst am Anfang der Romanik. Der Paderborner Dom-Tragaltar und sein Umkreis*, hrsg. C. Stiegemann, H. Westermann-Angerhausen, München 2006, pp. 149-158.

<sup>10</sup> Ms. 797 dell'Archivio di Stato di Firenze, edito in G. MILANESI, *Dell'arte del vetro per mosaico. Tre trattatelli dei secoli XIV e XV*, Bologna, pp. 1-67.

<sup>11</sup> Si tratta del Manoscritto Bolognese (XV sec.); del veneziano *Ricette per fare vetri colorati e smalti veneziani d'ogni sorte havute in Murano* (1536), noto come Manoscritto di Montpellier (1536) e del *Ricettario Darduin*, datato XVII sec. ma in parte ricopiato da un manoscritto del 1523 (POGLIANI 2010, cit. a nota 3, pp. 43-53. *Il mosaico parietale* 2010, cit. a nota 3, pp. 100-110.).

<sup>12</sup> *Il mosaico parietale* 2010, cit. a nota 3, pp. 110-115.

L'analisi comparata di ricettari e bordi di piastra provenienti da differenti contesti afferenti all'ampio arco cronologico che va dall'età tardo antica al XII sec.<sup>13</sup>, ha permesso di riconoscere almeno due tecniche con numerose variazioni.

1. La prima è presentata nell'anonimo toscano: si comincia dalla realizzazione della cartellina e della foglia d'oro, sulle quali viene posata una lastra di vetro; in seguito la piastra di tre strati viene posizionata in forno. Dopo la cottura, quando il vetro è ancora plastico, si ritira la piastra dal forno e dopo averla girata (o senza girarla) si pratica uno schiacciamento. Sebbene il testo sia tardo i bordi di piastra con tracce di distaccante e segni di schiacciamento sulla cartellina testimoniano la pratica di questa tecnica almeno dalla tarda antichità (fig. 7).
2. La seconda tecnica esattamente simmetrica è esplicitata nelle *Compositiones ad tingenda musiva* (cap. 15): si comincia con la realizzazione di un primo strato di vetro colato sul quale viene posata la foglia d'oro e la cartellina. La piastra viene collocata su una lastra di metallo con del distaccante argilloso e posizionata nel forno finché il vetro non riacquista plasticità e la cartellina non si rilassa sul bordo della lastra sottostante. La piastra viene allora estratta e sottoposta ad uno schiacciamento. I reperti con resti di argilla sul retro delle tessere e la cartellina rilassata sul supporto sono probabilmente realizzati con questa procedura (fig. 8).

L'esame di un maggior numero di campioni consentirà di appurare l'area di diffusione delle due tecniche e le numerose varianti impiegate<sup>14</sup>.

Non si può escludere inoltre che anche per realizzare le piastre a foglia d'oro venisse seguita la procedura attualmente praticata, non molto distante dalla prima descritta, ma con un'unione dei tre strati a caldo: sulla cartellina e la foglia d'oro preparate preventivamente e unite solo tramite il vapore acqueo viene colato il vetro fuso; in seguito ad uno schiacciamento la piastra viene girata e ricotta.

### *I materiali*

Le analisi archeometriche permettono di determinare la composizione chimica della foglia d'oro e del vetro della cartellina e del supporto. Sono state analizzate 36 tessere provenienti da Roma, Ravenna, Milano, Ostia, Aquileia e dal monte Nebo, datate tra I-IX sec. d.C.<sup>15</sup>.

<sup>13</sup> I principali siti di provenienza dei materiali considerati sono di seguito elencati distinguendo i materiali editi da quelli inediti. Tra i primi: Aquileia (II-IV sec.) (VERITÀ 2006, cit. a nota 3); Saint Sever (V sec.?) e Rodez, Saint Pierre la doré (V sec. ?) (FOY 2008, cit. a nota 5); Tell-Hesban (VI sec.) (GOLDESTEIN 1976, cit. a nota 5), Monreale, duomo (XII sec.) (M. VERITÀ, S. RAPISARDA 2008, cit. nota 3), Bordeaux, Notre Dame de la place (VI sec.) (B. PALAZZO-BERTOLON 2009, cit. nota 3). Tra i materiali inediti: Milano, Mausoleo imperiale (IV sec. ?), San Lorenzo (fine IV-inizi V), San Giovanni alle Fonti (V-VI sec.); Monte Nebo (VI-VII sec. ?); Monastero di Daphni (XI sec.) (fotografie concessami della dott.ssa Loukoupoulou); Venezia, San Marco (XII sec.).

<sup>14</sup> Si può proporre per la seconda tecnica in via del tutto ipotetica e preliminare un'origine orientale. Non solo i ricettari in cui viene tramandata copiano e assemblano ricette di riconosciuta tradizione greca (cfr. nota 9), ma anche i bordi di piastra provenienti dai contesti esaminati con supposta presenza di maestranze bizantine sembrano presentare l'impiego di questa tecnica.

<sup>15</sup> I materiali provengono dai seguenti contesti, elencati in ordine cronologico: Roma, ninfeo di Lucullo (I d.C.), Aquileia (II-IV sec.), collezione Toppo; Ostia, porta marina (IV sec.), Roma, Santa Pudenziana (IV sec.), Milano, San Lorenzo (fine IV-inizi V sec.), Roma, Santa Sabina (V sec.), Ravenna, S. Apollinare Nuovo (V sec.), Milano, San Giovanni alle Fonti (V-VI sec.), Ravenna, San Vitale (VI sec.), Roma, Santi Cosma e Damiano (VII sec.), Roma, Santo Stefano Rotondo (VII sec.), Monte Nebo, memoriale di Mosé (VI-VII sec.), Roma, S. Cecilia (IX sec.).

La composizione chimica del vetro è stata determinata con microanalisi ai raggi X a dispersione di energia, secondo le condizioni sperimentali stabilite<sup>16</sup>. Per determinare con la stessa tecnica la composizione chimica della foglia aurea, si deve eseguire un campionamento oppure individuare nella sezione delle tessere un punto di presenza della foglia dove eseguire l'analisi con particolare precisione. Per questo è stato messo a punto un apposito metodo di analisi, discusso in un recente contributo<sup>17</sup>.

### Vetro

Il vetro di cartellina e supporto è di tipo silico-sodico-calcico, ottenuto con il *natron*, un fondente minerale estratto nelle oasi tra il Cairo e Alessandria. Si tratta della composizione tipica del vetro romano fino all'VIII-IX sec., prodotto in pochi centri localizzati per ora archeologicamente solo in due zone in prossimità dei luoghi di estrazione delle materie prime, fondenti (area nord-egiziana) e sabbie siliceo-calcaree (area palestinese)<sup>18</sup>.

Ciò non significa che le tessere fossero realizzate presso questi forni, ma sottolinea che il vetro grezzo prodotto nei grandi atelier vetrari del Levante o dell'Egitto veniva importato in atelier secondari forse specializzati, di cui rimane imprecisabile la localizzazione, dove esso veniva rifuso e si procedeva alla lavorazione delle piastre.

La correlazione tipica tra determinati ossidi permette di riconoscere diversi gruppi di vetro al *natron*, noti in letteratura<sup>19</sup>, da cui è possibile precisare i bacini di importazione del vetro grezzo e quindi le rotte commerciali di approvvigionamento degli atelier secondari.

<sup>16</sup> M. VERITÀ, R. BASSO, M.T. WYPYSKI, R.J. KOESTLER, 'X-ray microanalysis of ancient glassy materials: a comparative study of wavelength dispersive and energy dispersive technique', in *Archaeometry*, 36 (2), 1994, pp. 241-251.

<sup>17</sup> Frammenti delle tessere venivano staccati mediante taglio con una sottile lama diamantata, inglobati in resina e preparati in sezione lucida. Dopo un'osservazione con il microscopio ottico in luce riflessa, i campioni sono stati analizzati in microscopia elettronica (microscopio Philips XL 30). La composizione chimica quantitativa dei vetri è stata determinata mediante microanalisi ai raggi X a dispersione di lunghezza d'onda (Cameca SX-50) utilizzando un fascio elettronico regolato a 20 kV scansionato durante l'analisi su una superficie più ampia possibile (analisi media), escludendo comunque zone alterate. Nelle stesse condizioni sono stati analizzati vetri di riferimento a composizione nota; i coefficienti ottenuti per ciascun elemento dal rapporto tra concentrazione misurata e concentrazione esatta sono stati usati per correggere le analisi dei campioni incogniti per verificare l'accuratezza del metodo. Le analisi quantitative della lamina metallica sono state calcolate mediante microanalisi ai raggi X a dispersione di energia (EDAX). Per considerare durante l'analisi un volume di metallo il più possibile rappresentativo della foglia aurea, in un'immagine al SEM della sezione delle tessere è stata considerata un'area di 5µm di lunghezza. L'analisi è stata ripetuta in tre aree del campione e ne è stata calcolata la media. Questo particolare metodo permette di evitare le aree in cui sono presenti bolle o depositi e, ancora di evitare tracce di rame lasciate dalla battitura delle lamine auree. Per verificare l'accuratezza del metodo leghe di argento e oro e di rame e oro sono state analizzate nelle stesse condizioni sperimentali. Per una descrizione dettagliata dei metodi cfr. A. CONVENTI, E. NERI, M. VERITÀ, 'SEM-EDX analysis of ancient gold leaf glass mosaic tesserae', in *Proceedings of the 12<sup>th</sup> European Workshop on Modern development and applications in microbeam analysis (EMAS 2011: Angers, 15-19 may 2011)*, 2012 (<http://iopscience.iop.org/1757-899X/32/1/012007>).

<sup>18</sup> *La route du verre: ateliers primaires et secondaires (Colloque Lyon, 1997)* a cura di M.D. Nenna, Lyon 2000.

<sup>19</sup> I.C. FREESTONE 'The provenance of ancient glass through compositional analysis', in *Materials Research Society Symposia Proceedings*, 852, 2005, pp. 1-14.

Anche le tecniche di decolorazione sono quelle tipiche dell'epoca romana, che si protraggono probabilmente anche durante il tardo antico e l'altomedioevo: si segnala, infatti, la presenza intenzionale di manganese, di antimonio, o di entrambi. Si tratta di additivi aggiunti per attenuare la colorazione naturale del vetro, data dalla presenza del ferro, un contaminante con forte potere colorante presente naturalmente nelle materie prime con forte potere colorante<sup>20</sup>. I decoloranti vengono probabilmente dosati in modo da ottenere diverse sfumature: dal verde, al verde-azzurro, al giallo (tonalità naturali), al vetro ben decolorato. Per raggiungere questo obiettivo venivano selezionati vetri grezzi che erano stati fusi con materie prime più o meno pure a seconda della gradazione che si voleva ottenere. La decolorazione poteva avvenire sia presso le strutture primarie che in quelle secondarie, prima di lavorare i manufatti; sono stati, infatti, ritrovati blocchi di vetro già decolorati come non decolorati in relitti e in atelier secondari<sup>21</sup>.

Il vetro della cartellina e quello del supporto hanno generalmente la stessa composizione, ma differente qualità ottica, determinata dalla tecnica di lavorazione (il vetro della cartellina è soffiato, colato quello del supporto), e anche dal tempo di cottura (il vetro al fondo del crogiolo è più eterogeneo). Ad esempio in una delle piastre della collezione Toppo, provenienti da Aquileia (II-IV sec.) e sopra menzionate, si riscontra a partire dallo stesso vetro (e la stessa concentrazione di  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) la presenza di decoloranti diversi: il supporto è decolorato con manganese, la cartellina con manganese e antimonio<sup>22</sup>. Questo conferma come presso un atelier secondario potessero essere importate diverse tipologie di vetro grezzo talvolta differenti per modalità di decolorazione, ma anche per atelier primario di provenienza.

### *Foglia metallica*

La percentuale di oro presente nelle tessere analizzate è elevata (Au compreso tra 95% e 100%, concentrazione in percentuale in peso dell'elemento), con l'eccezione di 4 campioni (92%)<sup>23</sup>. D'altronde stando ai dati editi le foglie auree delle tessere delle basiliche romane di SS. Cosma e Damiano a Roma (VII sec.)<sup>24</sup>, di S. Stefano Rotondo (VII sec.)<sup>25</sup> e di S. Cecilia (IX sec.)<sup>26</sup> sono in oro puro o con basse percentuali di argento e di rame a Aquileia (I-IV sec.)<sup>27</sup>, di argento a

<sup>20</sup> Sulla decolorazione E.V. SAYRE, 'The intentional use of antimony and manganese in ancient glasses', in *Advances in glass technology*, eds. R. Maston, G.E. Rindon, II, New York, 1963, pp. 263-282; E.V. SAYRE, R.W. SMITH, 'Some material of glass manufacturing in Antiquity', in *Archaeological chemistry. A symposium*, edited by M. Levey, Philadelphia 1967, pp. 279-311. H.E. FOSTER, C.M. JACKSON, "A whiter shade of pale"? Chemical and experimental investigation of opaque white Roman glass gaming counters', in *Glass Technology*, 46 (5), 2005, pp. 327-333; C.M. JACKSON, 'Making colourless glass in the Roman period', in *Archaeometry*, 47, 2005, pp. 761-780.

<sup>21</sup> D. FOY, V. THIRION-MERLE, M.VICHY, 'Contribution à l'étude des verres antiques décolorés à l'antimoine', in *RArchéom*, 28, 2004, pp. 166-177.

<sup>22</sup> VERITÀ 2006, cit. a nota 3 e COVENTI, NERI, VERITÀ 2012, cit. a nota 16.

<sup>23</sup> Si tratta del campione di Santa Sabina a Roma e di quelli provenienti dal memoriale di Mosé sul monte Nebo.

<sup>24</sup> VERITÀ 2006, cit. a nota 3, dati analitici a p. 11 (Au 98,5, Ag 0,5%, Cu 1% in un campione; nell'altro Au 92, 5%, Ag 7%, Cu 0,55%).

<sup>25</sup> M. VERITÀ, P. SANTOPADRE, 'Le analisi delle tessere musive vitree: esempi d' applicazione nelle indagini preliminari al restauro del mosaico absidale della Cappella dei Santi Primo e Feliciano', in *AMedievale*, II s., VII, 1, 1993, pp. 197-228.

<sup>26</sup> M. VERITÀ, P. SANTOPADRE, 'Mosaico absidale della basilica di Santa Cecilia a Roma. Studio delle tessere vitree', in *Restauri a Santa Cecilia*, a cura di D. Radeaglia, Firenze 2009, pp. 263-272.

<sup>27</sup> M. VERITÀ, B. PROFILO, M. VALLOTTO, "I mosaici della basilica dei santi Cosma e Damiano a Roma: studio analitico delle tessere vitree", in *Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro*, V, 2002 p. 23 indicano l'uso di oro puro.

S. Pudenziana (IV sec.)<sup>28</sup> e di rame a Monreale (XII sec.)<sup>29</sup>. Anche altri contesti come la chiesa di Huarte in Siria (IV-V sec.) e di Petra in Giordania (V-VII sec.)<sup>30</sup>, Notre Dame de la Place a Bordeaux (VI sec.)<sup>31</sup>, il castello omayyade di Qusayr 'Amra (VIII sec.) in Giordania<sup>32</sup> presentano analisi di tessere d'oro con risultati comparabili.

La percentuale di fino presente nelle foglie auree delle tessere è comparabile, secondo le analisi note<sup>33</sup>, solo all'oro monetato di alcuni periodi. Questi dati sembrano escludere che l'oro sia ricavato dai gioielli: nell'oreficeria, per consentire una miglior lavorazione e garantirne la resistenza, l'oro era legato ad argento e a rame; per questo il contenuto d'oro oscilla tra 90-95% nel periodo tardo antico<sup>34</sup> e sotto il 91% nel periodo bizantino<sup>35</sup>. In questo panorama sembrano far eccezione le crocette in lamina aurea longobarde, per cui è stata di recente ipotizza-

<sup>28</sup> M. VERITÀ, M. VALLOTTO, 'Analisi delle tessere musive', in *Il mosaico di Santa Pudenziana a Roma. Il restauro*, a cura di V. Tiberia, Todi 2003, p.181 (Au 95%, Ag 5%).

<sup>29</sup> VERITÀ, RAPISARDA 2008, cit. a nota 3, p. 24 (Au ≥ 98% in peso dell'elemento) e tracce di rame (Cu variabile tra 0,5 e 2%).

<sup>30</sup> P. CANIVET, M.T. CANIVET, 'Etude des tesselles de mosaïques et de verres à vitre syriens', in *Huarte. Sanctuaire chrétien d'Apamène, IV<sup>e</sup>-VI<sup>e</sup> s.*, éd. M.T. Canivet, P. Canivet, Paris 1987 pp. 331-346; Z. FIEMA, 'Reconstructing the history of the Petra Church: data and phasing', in *The Petra Church*, ed. P. Bikai, Amman 2001, pp. 7-137.

<sup>31</sup> PALAZZO-BERTHOLON 2009, cit. a nota 3, p. 36.

<sup>32</sup> PH. COLOMBAN, TH. CALLIGARO, C. VIBERT-GUIGUE, N.Q. LIEM, H.G.M. EDWARDS, 'Dorures des céramiques et tesselles anciennes: Technologies et accrochage', in *RArchéom*, 29, 2005, p. 7-20. Per questo caso il dato analitico è stato giustificato con l'impiego di oro nativo estratto da miniere, a cui l'argento sarebbe aggiunto per abbassare il punto di fusione, o in alternativa con l'impiego di elettro lega naturale di oro ed argento, in cui la percentuale di argento varia tra 3-4% e 20%. Tuttavia l'oro nativo può avere impurità di rame e d'argento fino al 20-25%, finora mai attestata nelle tessere; inoltre per arrivare ad una purificazione dell'oro con elemento in peso superiore al 99%, come riscontrato secondo numerosi esempi nell'oro musivo, è indubbiamente necessario un processo di purificazione per coppellazione.

<sup>33</sup> P. MEYERS, 'Non destructive activation analysis of ancient coins using charged particles and fast neutrons', in *Archaeometry*, 11, 1969, pp. 67-83 per l'età altoimperiale; M. AMANDRY, J.-N. BARRANDON, C. BRENOT, J.-P. CALLU, 'L'affinage des métaux monnayés au Bas-Empire: les réformes valentiniennes de 364-368', in *Numismatica e Antichità Classiche. Quaderni Ticinesi*, 11, 1982, pp. 279-295; C. MORRISSON, C. BRENOT, J.N. BARRANDON, J.P. CALLU, J. POIRIER, R. HALLEUX, 'L'or monnayé I. Purification et altérations de Rome à Byzance', in *JRS*, 78, 1988, pp. 256-257; per le riforme di Valentiniano: C. MORRISSON, 'Numismatique et histoire. L'or monnayé de Rome à Byzance: purification et altérations', in *CRAI*, 126, 1982, pp. 203-223; W. ODDY, 'The gold contents in Fatimid coins reconsidered', in *Metalurgy in numismatics*, 1, 1980, pp. 99-188, in part. pp. 168 ss. per le monete fatimidi; IDEM, 'The debasement of the provincial Byzantine gold coinage from the seventh to ninth century', in *Studies in early Byzantine coinage*, edited by W Hahn and W.E Metcalf, New York 1988 (*Numismatic Studies*, 17), pp. 135-142, per l'ambito bizantino tra VII e IX secolo; IDEM, 'The fineness of the Venetian Ducat and its imitations', in *Metalurgy in numismatics*, 2, 1988, pp. 95-104; per i ducati veneziani; L. TRAVAINI, 'The fineness of Sicilian Taris and those of Amalfi and Salerno (11<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> Century)', in *Metalurgy in numismatics*, 4, 1998, pp. 504-517 per le monete auree normanne.

<sup>34</sup> A. YEROULANOU, *Diatrita. Gold pierced-work jewellery from the 3<sup>rd</sup> to the 7<sup>th</sup> century*, Athens 1999, p. 16, nota 9, prendendo in considerazione i gioielli lavorati con *opus intarsiate* tra III e VII secolo sottolinea che le leghe impiegate nel periodo preso in esame mostrano un'omogeneità di componenti. L'oro varia da 90-96% talvolta negli esemplari più tardi si abbassa all'80%. La percentuale di fino risulta differente quindi da quella delle monete d'oro di quegli anni che aveva una purezza di 97%-100%. Questo non porta l'autrice ad escludere che venissero usati solidi per produrre i gioielli. Alla fusione dell'oro monetato l'artigiano avrebbe aggiunto una piccola quantità di argento e di rame per garantire la lavorabilità e resistenza (sull'uso di monete in gioielleria cfr. anche S. LUSUARDI SIENA, 'L'identità materiale e storica della corona: un enigma in via di risoluzione?', in *La corona ferrea nell'Europa degli Imperi*, II, *Storia, tecnica, scienza. Alla scoperta del prezioso oggetto*, tomo 2, *Dall'oggetto all'interpretazione*, a cura di A. Abrosioni e G. Buccellati, Milano, 1998, pp. 173-249, con bibliografia.

<sup>35</sup> W. ODDY, S. LA NIECE, 'Byzantine gold coins and jewellery: a study of gold contents', in *Gold Bulletin*, 19, 1, 1986, pp. 19-27.

ta una relazione con le zecche<sup>36</sup>, seppur anche in queste si riscontri la presenza di una percentuale di rame.

Stando sempre alle analisi note sulle monete, si riscontrano delle oscillazioni di percentuale di impurità a seconda dei periodi storici che, per quanto per ora noto, si ritrovano anche nelle foglie d'oro delle tessere.

Vengono riportati a titolo esemplificativo alcuni casi. Nel mosaico di Santa Pudenziana (IV sec.) si registra un'impurità di Ag del 5% pari a quella delle monete prima della riforma dei Valentiniani<sup>37</sup>. Le tessere sporadiche del monte Nebo hanno una percentuale di fino del 92%, comparabile al titolo della monetazione aurea solo nei periodi 290-301 e 580-620; il contesto suggerirebbe di attribuire le tessere ai lavori voluti da Alexis (VI-VII sec.), testimoniati anche da un'iscrizione pavimentale<sup>38</sup>. Le tessere di Qusayr'Amra (Giordania) (VIII sec.) sono in una lega costituita da Au 85% e Ag 15%, dati che porterebbero apparentemente ad escludere l'impiego di monete; tuttavia la percentuale di fino è quella attestata in monete bizantine circolanti nel periodo omayyade soprattutto tra 720 e 750<sup>39</sup>. Alcuni dati sono più difficilmente valutabili: i campioni dalla collezione Toppo di Aquileia (II-IV d.C.) presentano tenori di oro differenti: uno 98,5%, l'altro 93%. Un'oscillazione di questo tipo si riscontra solo nel periodo di Caracalla su esemplari conati in zecche differenti<sup>40</sup>.

L'analisi delle foglie d'oro può inoltre talvolta permettere di distinguere le tessere prodotte *ex novo* da quelle di reimpiego o da quelle di restauro. Come esempio si riportano le analisi delle tessere di V sec. appartenenti al mosaico di Santa Sabina a Roma<sup>41</sup>. Osservando i risultati (tab. 1) si notano importanti differenze nella composizione del vetro della tessera SSA-F, distinta dalle altre per le diverse percentuali di sodio e di calcio e la decolorazione senza antimonio. Questa tessera risulta però identica alle altre per quanto riguarda la composizione della foglia aurea dimostrando che è stata realizzata nello stesso periodo. La tessera SSA-D sembra invece avere un'origine differente per l'alto contenuto di argento della foglia aurea (Ag 7.5%). Essa potrebbe essere stata realizzata prima della riforma dei Valentiniani, quando la crisi economica e l'inflazione avevano portato ad un abbassamento notevole del titolo di fino delle monete ed essere quindi di riutilizzo?

L'analisi sembra confermare, in ogni caso, che diverse tipologie di vetro sono usate contemporaneamente in associazione a foglie d'oro con lo stesso tenore di fino e quindi ricavate da oro emesso nello stesso ambito cronologico.

La correlazione tra le analisi del vetro e della foglia aurea permette inoltre di dimostrare come vetro decolorato con antimonio e vetro decolorato con manganese fossero usati in contemporanea e ancora come supporti con diverse tonalità cromatiche fossero utilizzati su una foglia aurea con la medesima composizione per creare variazioni estetiche ed effetti di riflessione della luce differenti<sup>42</sup>.

<sup>36</sup> C. GIOSTRA, *La lavorazione delle lamine auree*, in *Petala aurea: lamine di ambito bizantino e longobardo dalla Collezione Rovati*, catalogo della mostra (Monza, 2010-2011), a cura di M. Sannazaro e C. Giostra, Milano 2010, pp. 151-158.

<sup>37</sup> Per l'analisi dell'oro musivo VERITÀ, VALLOTTO 2003, cit. a nota 27; per quelle dell'oro monetato MORRISSON *et alii* 1985, cit. a nota 31. L'impurità del 5% è attestata per la zecca di Roma sotto gli imperatori Costanzo II, Valentiniano I e Valente.

<sup>38</sup> M. PICCIRILLO, E. ALLIATA, *Mount Nebo: new archaeological excavations, 1967-1997*, Jerusalem 1998.

<sup>39</sup> Le analisi sono riportate in ODDY 1988, cit. a nota 31.

<sup>40</sup> Cfr. analisi in MORRISSON *et alii* 1985, cit. a nota 31 e MEYERS 1969, cit. a nota 31. Non si trovano tenori comparabili per i primi secoli dell'impero; l'unico esemplare analizzato che presenta analogie con il secondo campione aquileiese è un aureo di Caracalla (198-201) della zecca di Laodicea (Au 92,5%, Ag 7, 37%, Cu 0,45%), che ricorda come la quantità dell'oro poteva variare da zecca a zecca. Non sono a mia conoscenza note analisi sulle monete della zecca di Aquileia.

<sup>41</sup> Per questo specifico argomento CONVENTI, NERI, VERITÀ 2012, cit. a nota 16.

<sup>42</sup> Questa ipotesi è già stata discussa in via preliminare in E. NERI, S. LUSUARDI SIENA, M. VERITÀ, 'Produzione dei tessellati vitrea tardoantichi e altomedievali a Milano: un progetto archeologico-archeometrico', in *AISCOM XVI*, pp. 293-306.



In attesa di discutere e storicizzare meglio questi importanti dati analitici si può sottolineare che la correlazione tra la produzione delle monete e delle foglie d'oro – e di conseguenza delle tessere oro – è sostenuta da altri importanti fattori che sembrano comprovare l'interpretazione del dato archeometrico.

1. Per l'età tardo antica il contesto socio-economico sembra suggerire, grazie al quadro sulla monetazione aurea di recente tratteggiato da F. Carlà, che non esistesse libera circolazione dell'oro<sup>43</sup>. Dato che il valore della moneta corrispondeva a quello del metallo, anche la presenza di piccole impurità generava una svalutazione del metallo coniato; lo stato controllava quindi tutti i processi di lavorazione – dall'estrazione nelle miniere fino alla monetazione o alla ricezione delle imposte – tramite l'istituzione delle *sacrae largitiones* e l'attività di oreficeria privata avveniva esclusivamente rifondendo oggetti tesaurizzati o oro monetato. In questo quadro bisogna escludere l'impiego dell'oro nativo, a meno che sia all'interno di fabbriche statali. È altresì plausibile ammettere che i battiloro preferissero, per ragioni tecniche, non rifondere l'oro delle monete ma da queste ricavare direttamente le foglie. A ciò si aggiunga che la purezza dell'oro con un'impurità di argento inferiore all'1% è una conquista stabile nella monetazione conseguente alla riforma di Valente e di Valentiniano che introducono, per fronteggiare l'inflazione, l'obbligo della fusione prima della coniazione<sup>44</sup>.
2. Le ricette romane e medievali che descrivono la realizzazione delle foglie d'oro<sup>45</sup> non esplicitano la fonte dell'oro. Solo Cennino Cennini (*Libro dell'arte*, 139) e in seguito l'*Encyclopédie* (s.v. *battre l'or*) menzionano chiaramente che la fonte delle foglie auree sono le monete. Tuttavia anche nelle *Compositiones ad tingenda musiva* è contenuta un'allusione all'*aurum Byzantium* ed ad un procedimento di affinamento che richiama le competenze tecniche di una zecca, peraltro presente nel contesto di elaborazione dell'opera. L'incremento dei campioni analizzati potrebbe permettere di verificare in che momento si instaura la relazione tra realizzazione delle foglie auree e delle monete, taciuta dalle fonti più antiche.
3. Una precisione tale nell'affinamento dell'oro era raggiungibile solo tramite coppellazione, una competenza messa appunto ad livello di così alta precisione nelle zecche. Altri elementi portano a supporre in via ipotetica che il processo venisse realizzato nelle zecche. Se si considera la superficie che i mosaici dovevano rivestire, la quantità di monete utilizzate era probabilmente con-

<sup>43</sup> Da ultimo F. CARLÀ *L'oro nella Tarda antichità: aspetti economici e sociali*, Torino 2009, in part. pp. 474-477 (qui compone il quadro come conclusione dell'intero studio), ricostruisce per l'età tardoantica un modello generale sulla circolazione dell'oro secondo cui le miniere auree sono interamente di proprietà statale e gestite o direttamente dallo stato o tramite appalti a privati, il cui lavoro è comunque controllato dallo stato. Oltre al commercio con l'estero l'attività estrattiva è l'unico modo per far entrare metallo nel circuito. Le *sacrae largitiones* sono il settore dell'amministrazione pubblica preposto alla gestione dei metalli preziosi e controllano il ciclo dalle attività estrattive fino alla coniazione, ma anche la gestione dell'oro che perviene tramite le imposte e il pagamento di tributi che poteva avvenire anche attraverso l'oreficeria. Dalla riforma di Valentiniano, proprio per facilitare il controllo, solo le zecche comitatensi coniano oro e in seguito solo quelle che sono sede del prefetto del pretorio. L'oro, estratto dalle miniere o ottenuto con le imposte, veniva dunque interamente destinato alla coniazione o alle fabbriche dell'oreficeria imperiale. Le attività di pagamento dei funzionari statali e dell'esercito, come i commerci e le attività di oreficeria private avvenivano quindi a partire soltanto da metallo coniato.

<sup>44</sup> La purificazione del metallo avveniva probabilmente per coppellazione e cementazione (CARLÀ 2009, cit. a nota 42, p. 207) e c'erano dei funzionari preposti al controllo di queste operazioni che le fonti riportano sotto il nome di *chrysotés* o *spectator*. A partire dal 368, a garanzia della purezza del metallo, le monete riportano la sigla OB. Sul significato di OB (*obryzum* VS *obsignatum* cfr. *ivi*, pp. 207-209).

<sup>45</sup> Si tratta di DIOSCOR. *med.*; PLIN. *nat. hist.* XXXIII, 11; *Compositiones ad tingenda musiva*, 64; TEOPH. *De div. Art.* I, 22; CENNINI, *Libro dell'arte*, 139.

siderevole<sup>46</sup>; è difficile infatti che, nel contesto socio-economico sopra descritto, una considerevole somma d'oro venisse gestita in un atelier privato senza il diretto controllo dell'autorità. Inoltre non è, infatti, mai documentata alcuna donazione di monete ad orafi perché ne ricavano foglie. Numerose sono invece le attestazioni sulla consegna di monete a orafi perché vengano realizzati gioielli<sup>47</sup>.

Se questo preliminare lavoro consente di ipotizzare il legame tra produzione delle monete e delle tessere a foglia d'oro, una base analitica più ampia consentirebbe di verificare se la storia della monetazione aurea sia da correlare a quella del mosaico a fondo d'oro, consentendo di avere appigli cronologici fondati su metodi differenziati. La diffusione delle tessere a foglia d'oro in età neroniana e la loro affermazione in età costantiniana sono da relazionarsi alle riforme monetarie promosse dagli imperatori? I dati analitici, spessore e peso delle lamine, correlati alla superficie musiva consentono inoltre di valutare sulla base di parametri realistici l'investimento in oro necessario per la realizzazione di un cantiere musivo<sup>48</sup>. La correlazione dei dati sulla produzione del vetro e di quelli sulla realizzazione delle foglie metalliche potrebbe permettere di precisare i bacini di approvvigionamento e gli atelier di produzione, contribuendo a delineare il complesso e poco spesso considerato scenario socio-economico e tecnologico sotteso alla realizzazione di un cantiere musivo.

<sup>46</sup> Stime poco verisimile, perché fondate su dati non realistici sulle misure e i pesi di tessere e di foglie auree sono formulate in M.M. MANGO, 'The monetary value of silver revetments and objects belonging to churches, A.D. 300-700', in *Ecclesiastical silver plate in sixth-century Byzantium*, edited by S.A. Boyd and M.M. Mango, Washington 1992, pp. 123-136, ripetute in A. CULTER, 'The industries of art', in *The economic history of Byzantium from the Seventh through the Fifteenth Century*, 2, edited by A.E. Laiou, Washington 2002, pp. 555-587 e in L. JAMES, 'Byzantine glass mosaic tesserae: some material consideration', in *Byzantine and modern Greek Studies*, 30, 2006, pp. 29-47. Tenendo come valide le superfici fornite dalla Mango, ma considerando che lo spessore di una foglia aurea è variabile tra 0,2 e 0,4 µm, potrebbero essere impiegati per i rivestimenti musivi costantiniani – ipotizzati sulle fonti – del Laterano un massimo di 3.787,97 solidi e un minimo di 1893,99 solidi e del santo sepolcro un massimo di 2938,53 solidi e un minimo di 1469,27 solidi. I minimi e i massimi sono valutati a seconda che si supponga un fondo aureo che occupa  $\frac{2}{3}$  o  $\frac{1}{3}$  della decorazione musiva. Si tratta di stime che vanno valutate in maniera cautelativa soltanto per avere un'idea sull'ordine di grandezza.

<sup>47</sup> Ad esempio in *PMich*, III, 218 = *SBIII*, 7250 si conserva una lettera di Paniskos alla moglie in cui chiede alla moglie di far fare le cavigliere per la figlia utilizzando tre solidi. L'abitudine di fondere monete per ricavare gioielli è testimoniata anche in JOH. CHRYS. *In Ps.* XLVIII, 6; *PraintCent*, 161; *Vita Eligi*, I, 5 (cit. in CARLÀ 2009, cit. a nota 42). Ancora nel *PRain* I, 61 forse del V secolo l'orefice Martirio ricorda ad un cliente scontento come non manchi nemmeno un carato dei solidi che gli erano stati dati per ricavare i gioielli. Anche in COD. JUST. XXIV, 2, 34, pr. viene testimoniato lo stesso uso. Gregorio di Tours, *Historia Francorum*, X, 16 racconta come la badessa del monastero Radegonda è accusata di aver usato l'oro della chiesa, in particolare foglioline intessute in un drappo per realizzare una collana e una fascia per la nipote. In propria difesa la badessa chiama a testimoniare Maccone, che dice di aver portato 20 solidi da cui sarebbero stati ricavati gli oggetti di oreficeria da parte del futuro sposo (per queste fonti cfr. F. CARLÀ 2009, cit. nota 42, p. 74 e nota 243). Per il rapporto tra atelier monetari e oreficeria cfr. anche F. BARATTE, 'Les objets précieux dans la vie économique et sociale du monde romain à la fin de l'Antiquité', in *RN*, 2003, pp. 205-216.

<sup>48</sup> Cfr. nota 46. Osservazioni sulle quantità dei materiali impiegati si riscontrano in maniera generale in E.M. STERN, *Roman glassblowing in a cultural context*, in *AJA*, 103, 3, 1999, pp. 441-484; in particolare sul caso di Milano vengono discusse E. NERI, *Tessellata vitrea in età tardoantica e altomedievale: archeologia, tecnologia, archeometria. Il caso di Milano* (tesi di dottorato, a.a. 2010/2011), tutor prof.ssa Silvia Lusuardi Siena.

	Colore vetro	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Au	Ag
SSA-E (sc)	giallo	68.8	2.05	19.0	0.44	5.8	1.00	0.22	0.12	1.15	0.08	0.57	0.53	0.20	99.6	0.4
SSA-G (sc)	ambrato	67.4	1.84	19.9	0.43	6.7	0.74	0.29	0.14	1.15	0.08	0.53	0.61	0.20	99.3	0.7
SSA-D (sc)	incolore	68.7	2.11	19.6	0.64	5.9	0.54	0.28	0.16	1.08	0.05	0.39	0.13	0.42	92.5	7.5
SSA-F (sc)	verde	69.1	2.89	15.8	0.61	7.9	0.89	0.16	0.21	0.89	0.06	0.52	0.93		99.6	0.4

Tab. 1 – Analisi chimica di cartelline, supporti e foglia aurea delle tessere di Santa Sabina (V sec.): composizione chimica media espressa in percentuale in peso degli ossidi.

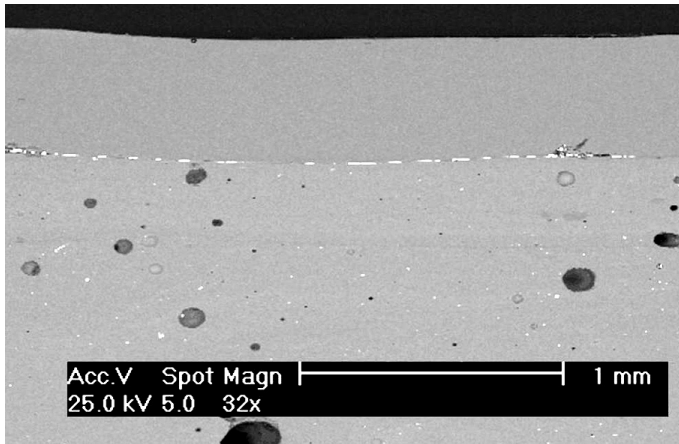


Fig. 1 – Sezione di una tessera a foglia d'oro osservata al microscopio elettronico (foto M. Verità).



Fig. 2 – Saint Sever (V sec.?), piastra a foglia d'oro (da FOY 2008, cit. a nota 5).



Fig. 3 – Venezia (XII sec.), frammento di lingua a foglia d'oro (foto E. Neri).



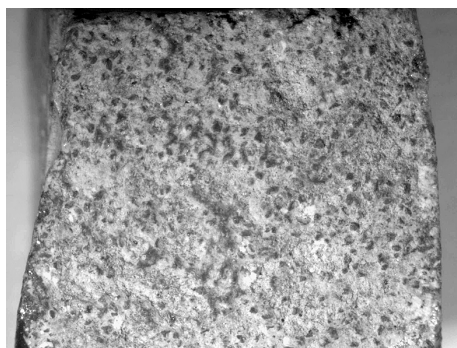
a)



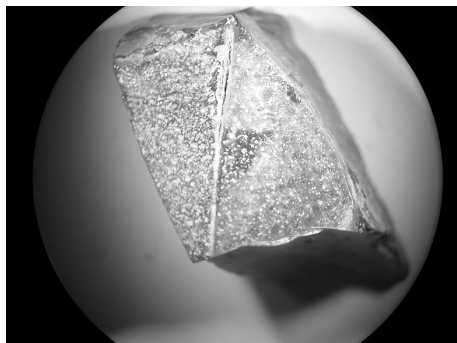
b)



c)



a)



b)

Fig. 5 – Resti di distaccante argilloso osservati al microscopio ottico: a) Monte Nebo (VII sec.?) ; b) Milano, San Lorenzo (inizi V sec.) (foto E. Neri).

Fig. 4 – Diversi bordi di piastra osservati al microscopio ottico: a) Bordeaux, Nôtre Dame de la Place (VI sec.) (PALAZZO-BERTHOLON 2009, cit. a nota 3); b) Milano, battistero di san Giovanni fine V - inizi VI); c) Venezia, San Marco (XII sec.) (foto E. Neri).



Fig. 6 – Tessera con due foglie accostate da Milano S. Lorenzo (inizi V sec.) osservata al microscopio ottico (foto E. Neri).

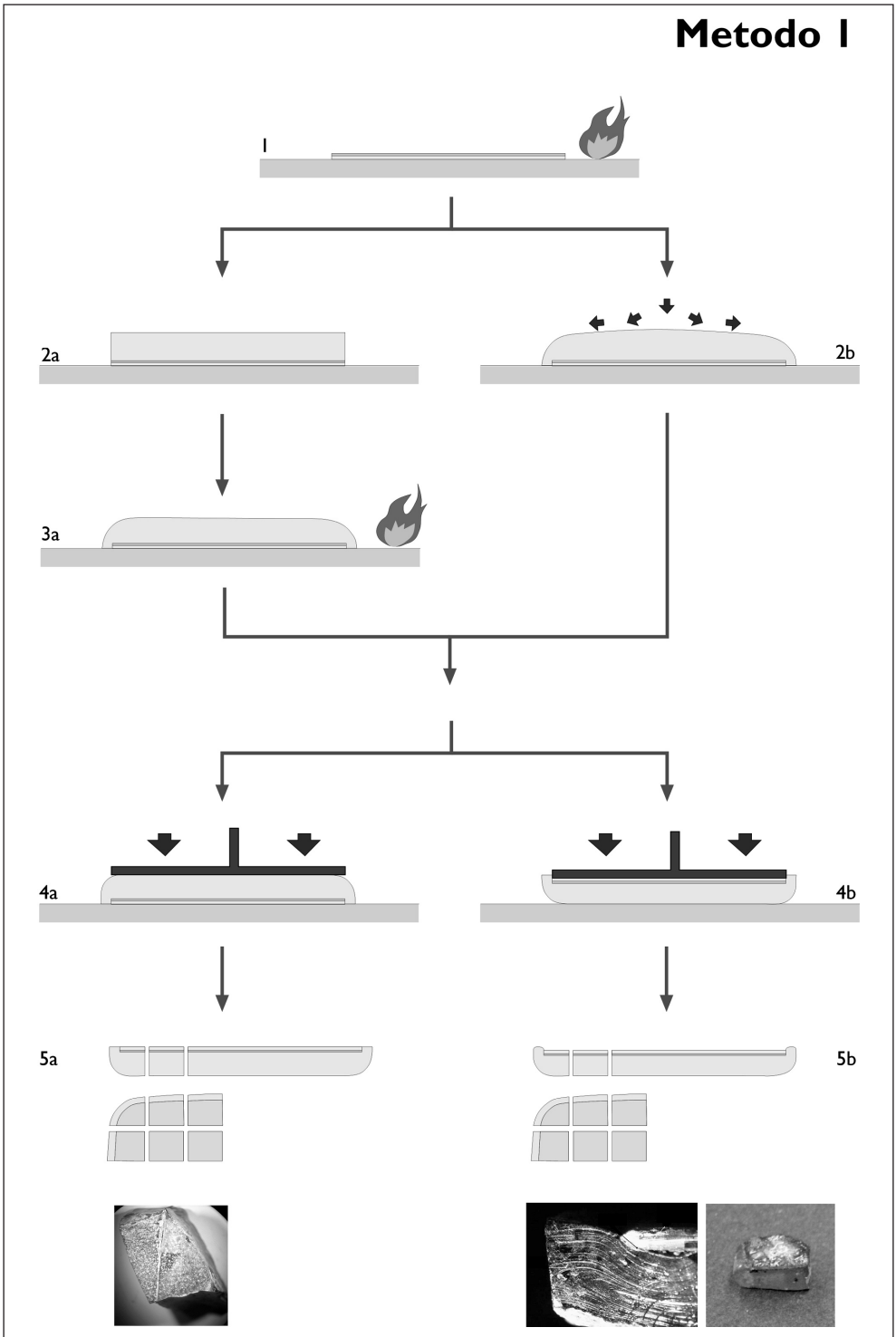


Fig. 7a – Schema ricostruttivo della tecnica 1 (elab. E. Neri).

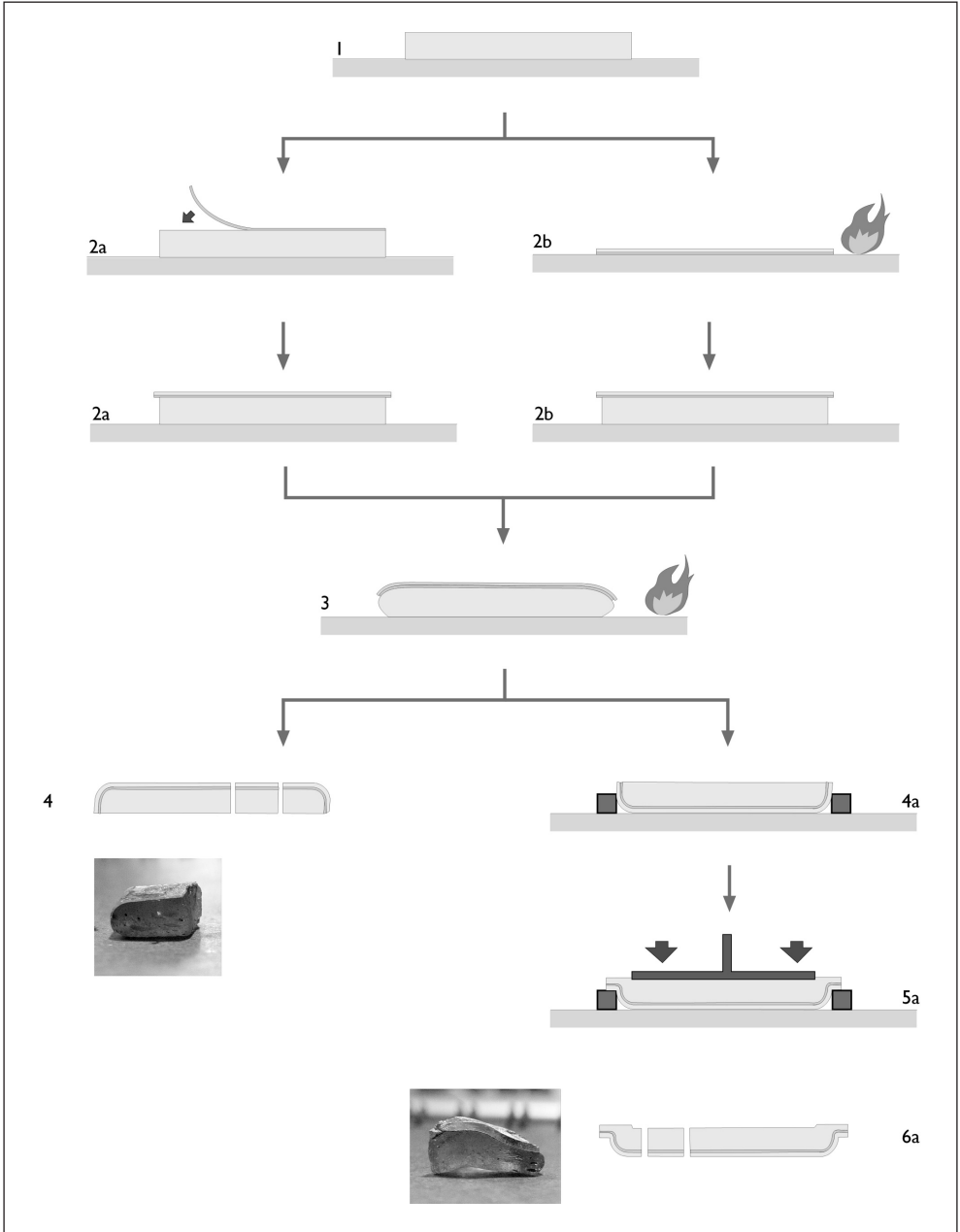


Fig. 7b – Schema ricostruttivo della tecnica 2 (elab. E. Neri).