

SENSORI ELASTOMETRICI 3D APPLICATI ALLA GLITTICA. DALL'OSSERVAZIONE ALLA MISURAZIONE DELLE TRACCE

Flavio Butini*, Rose Marie Scappin**

Lo studio della glittica si trova oggi di fronte ad un inedito e stimolante orizzonte di ricerca che è quello definito dall'insieme delle possibilità offerte da una nuova generazione di strumenti che permettono di effettuare analisi superficiali di grande dettaglio: i sensori elastometrici 3D. I risultati ottenuti su 5 intagli archeologici in cromocalcedonio (datati tra il I e il II sec. d.C.), tutti raffiguranti la dea Fortuna, aprono la prospettiva a fruttuose ricerche nel campo delle misurazioni micromorfoscopiche applicate all'archeogemmologia.

Introduzione

Il presente studio vuole presentarsi come un punto di partenza per un nuovo ciclo di analisi sulle gemme incise. Gli approcci di studio della glittica si muovono da diverse discipline: l'archeologo ne descrive il contesto storico e le condizioni di ritrovamento (Riccomini, 2016), lo storico dell'arte riesce ad individuare modelli e registri di riferimento, trova confronti e identifica talvolta epoca e stile (Hölscher, 2010), il gemmologo identifica e classifica la specie/varietà mineralogica, può individuare eventuali alterazioni e trattamenti (Butini e Butini, 2007), può formulare ipotesi circa la provenienza geografica (Krzemnicki et al., 2019) e ancora altre figure possono essere coinvolte negli studi glittici. Oggi una nuova generazione di strumenti, i sensori elastometrici 3D, ci offre la possibilità di aggiungere una generosa quantità di informazioni alla ricerca, un'intera gamma di misurazioni ripetibili che scavalcano la micromorfoscopia, ovvero l'osservazione microscopica delle tracce (Devoto, 1985). Le misurazioni sono state volutamente rivolte a una limitata serie di campioni molto omogenei tra loro, sia come materiale (cromocalcedonio) sia come soggetto e tecnica (Fortuna realizzata ad intaglio), nel tentativo di circoscrivere il più possibile il numero di variabili.

Le tecniche di glittica

Le fasi di lavorazione, le tecniche e gli strumenti utilizzati per la produzione di un manufatto litico ad uso gemma, sono pressoché gli stessi da millenni (Mariette, 1750;



Fig. 1 a) Bulino con punta di diamante; b) stilo con punta diamantata per la tracciatura preliminare del disegno. (Illustrazioni: Francesco Cutrupi)

Biswas, 1996). Le gemme incise possono essere classificate in due tipi: intagli e cammei. Le fasi della loro lavorazione sono riconducibili a: foratura (eventuale), preformatura, polimentatura, abbozzo del disegno tramite incisione, formatura e realizzazione del disegno tramite asportazione e consumo di materiali, finitura delle superfici sia interne che esterne. Gli strumenti utilizzati nell'eseguire le operazioni appena menzionate sono, in ordine di utilizzo: mole a dischi (azionate per rotazione), bulini a punte in corindone e diamante (azionate per sfregamento) (Figure 1a-b), frese (azionate per rotazione) (Figura 2), punte in ferro o legno imbevuto di abrasivi (azionate per sfregamento), pelli intrise di abrasivi fini (azionate per sfregamento). Gli utensili rotativi potevano essere sia verticali (trapani) sia orizzontali (torni) (Figura 3) e il lapicida poteva o meno avvalersi di un servente. Ognuna di queste fasi e ognuno di questi strumenti lascia delle tracce caratteristiche sulla gemma che possono essere così riassunte: solchi dritti

* Gemmologo presso IGN Roma.

** Tirocinante presso IGN Roma.

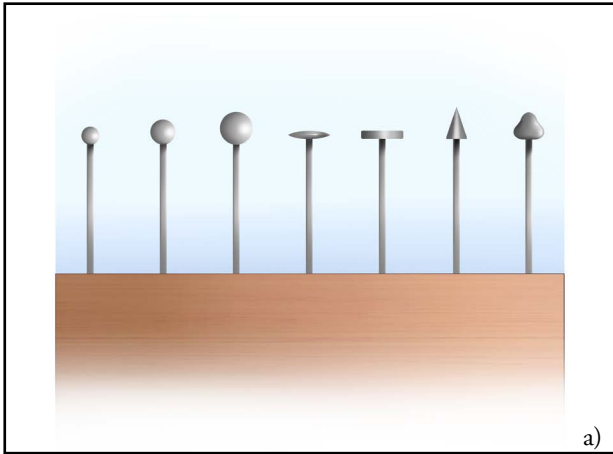


Fig. 2 a) A sinistra, varie tipologie di fres.
(Illustrazione: Francesco Cutrupi)

b) A metà pagina, intaglio in diaspro rosso raffigurante una scena bucolica (mm. 9.50 x 8.00 ca., I-II sec. d.C.), nell'ingrandimento è possibile vedere i segni accidentali lasciati dal disco rotante (negli ovali tratteggiati in giallo) e dal perno (linee gialle tratteggiate).
(Foto: Enrico Butini, dettaglio campo visivo 1.8 mm)

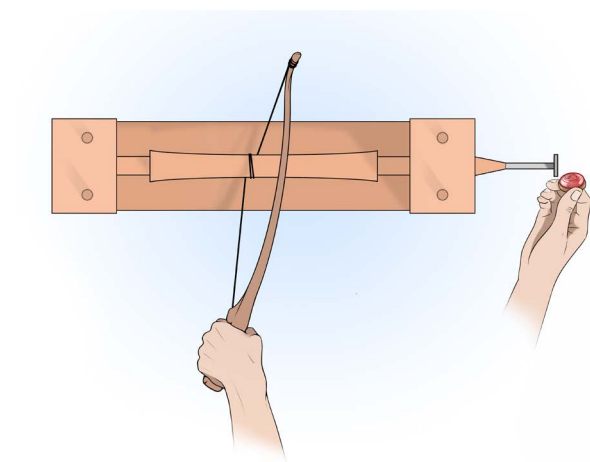
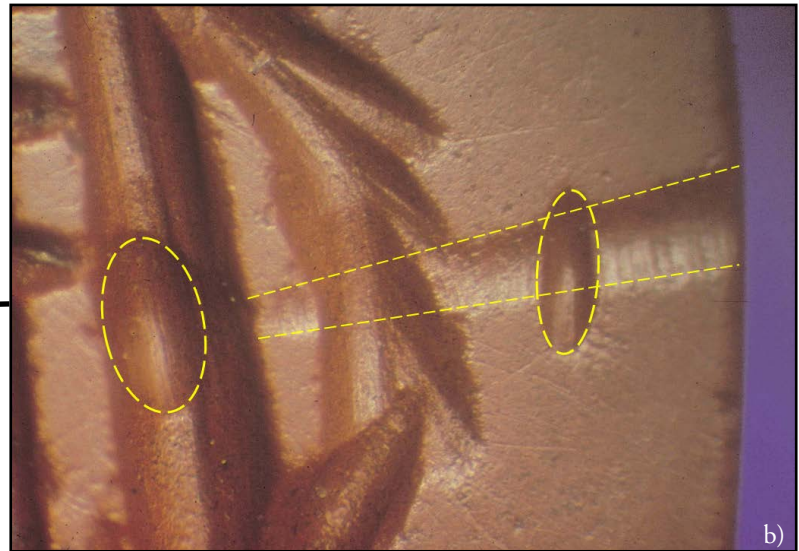
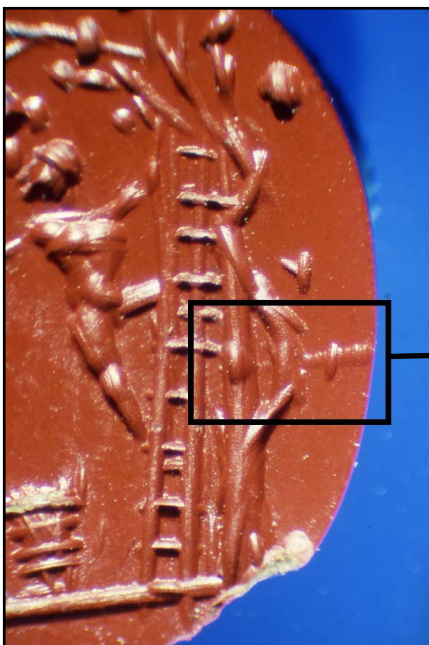


Fig. 3 Tornio orizzontale. (Illustrazione: Francesco Cutrupi)

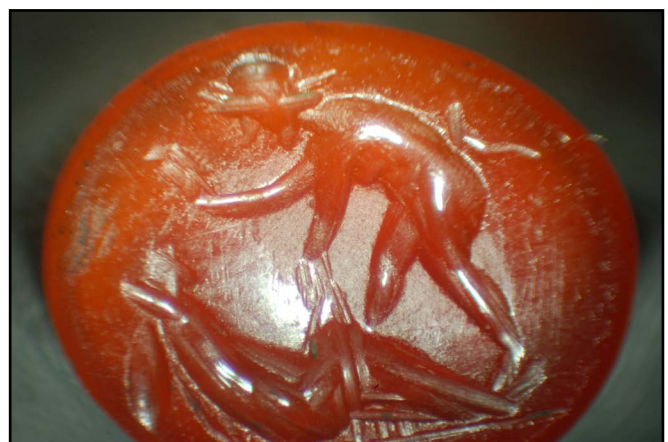


Fig. 5 Solchi con fondo lucidato. (Foto: Flavio Butini)

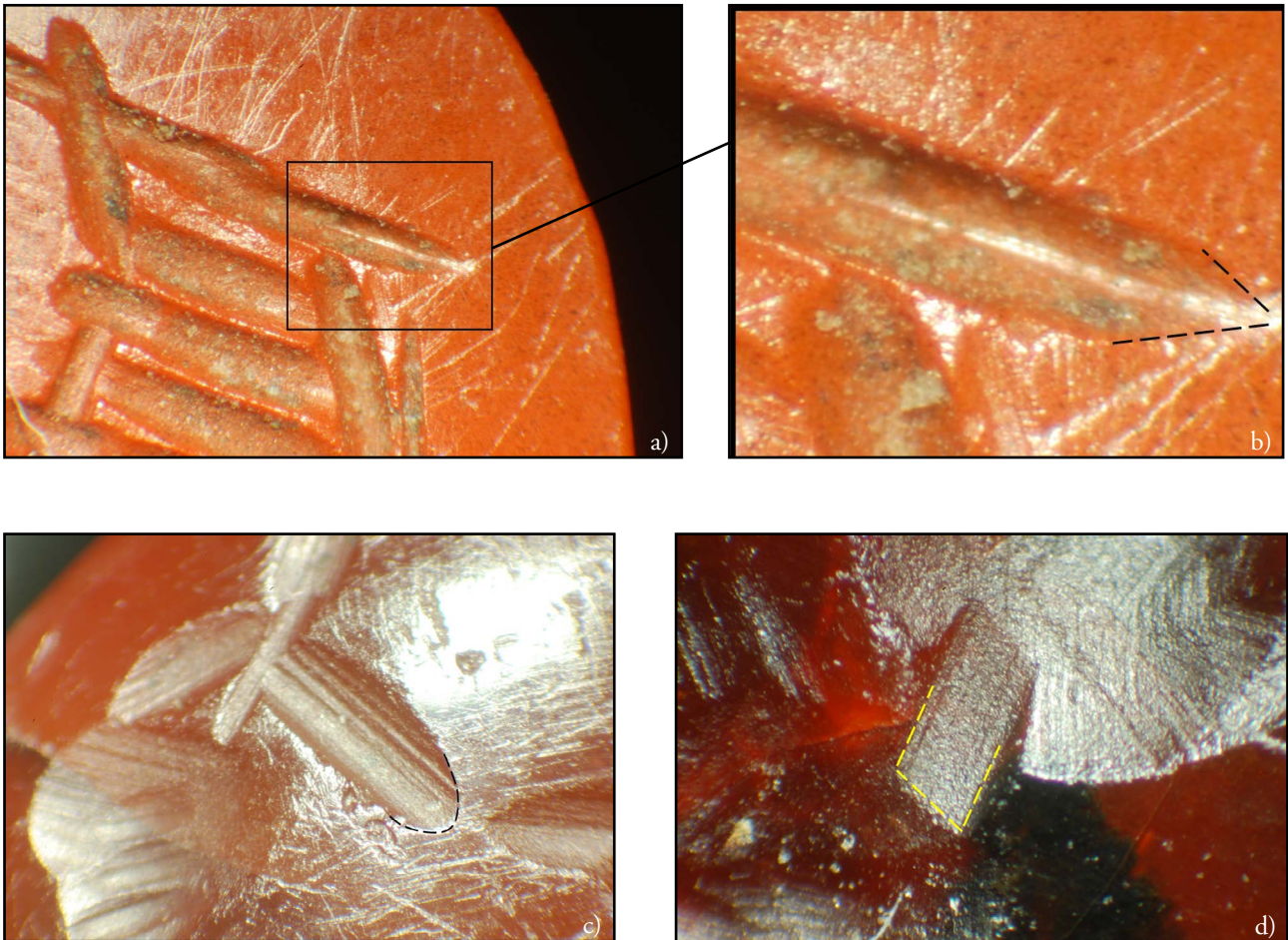


Fig. 4 a) Solco dritto dal profilo assiale a "V"; b) dettaglio della sezione del solco a "V"; c) solco dritto dal profilo assiale a "U"; d) solco dritto dal profilo assiale a "U". (Foto: Flavio Butini, campo visivo 3.6 mm-1.2 mm)

dal profilo assiale a "V" (Figure 4a-b) o a "U" (Figura 4c) o "U" (Figura 4d) con fondo lucidato (Figura 5) o meno, globuli dal profilo coronale tondo (Figura 6), solchi curvi ottenuti inclinando una fresa circolare (Figura 7). Ebbene, la classificazione e l'osservazione di tali segni ha guidato fino ad oggi lo studioso di glittica.

Il metodo e i materiali

GelSight Mobile (Figura 8) rientra nella categoria dei sensori elastometrici perché si avvale di un elastometro, ovvero una macromolecola in stato gommoso che assume temporaneamente forme diverse, quando viene sottoposto ad una certa pressione manuale, per poi riprendere il suo stato originale una volta rilasciato.

GelSight Mobile produce immagini tridimensionali ad alta risoluzione ed effettua molteplici analisi ed esami non distruttivi su superfici di diversi materiali anche trasparenti e riflettenti quali vetro e metallo. Le immagini così ottenute permettono di eseguire operazioni di visualizzazione, di misurazione di topografie tridimensionali e di rilevazione di

strutture microscopiche con un campo visivo di mm 8,4 x 7,1, una risoluzione in XY di 3,5 µm e in Z inferiore al µm.

GelSight Mobile è in grado di misurare gli angoli, le altezze, le larghezze, i gradi di simmetria, il grado di finitura, la qualità ottica e quella della politura, la rugosità delle superfici, la profondità delle incisioni, l'angolatura dei tagli e il raggio delle perforazioni: questi dati sono essenziali per formulare statistiche sulla frequenza d'uso delle diverse forme, strumenti e tecniche, su cui basare un'analisi micro-morfoscopica ancor più dettagliata che migliora l'interpretazione iconografica delle opere.

I cinque campioni analizzati (Tabella 1) sono tutti calcedoni, una varietà di quarzo costituita da silice microcristallina in masse compatte dalla tessitura fibroso-orientata, il cui nome deriva dal greco *Chalkedón*, Calcedonia, antica località mineraria sul mar di Marmara (Cavenago-Bignami Moneta, 1980). Più precisamente i campioni appartengono ad una varietà verde di calcedonio, colorata dal cromo, chiamata cromocalcedonio o "prasio" in antichità (Butini e Butini, 2022) e sono state datate tra il I e il II secolo d.C.¹. Le pietre sono incise con la raffigurazione di Fortuna con cornucopia e timone, in tre di esse è raffigurata stante mentre nelle due rimanenti è seduta.

¹ Soprintendenza Speciale Archeologica, Belle Arti e Paesaggio di Roma PROT. 19018/21.

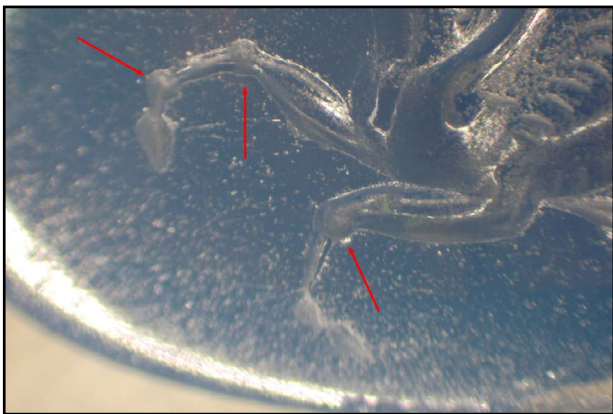
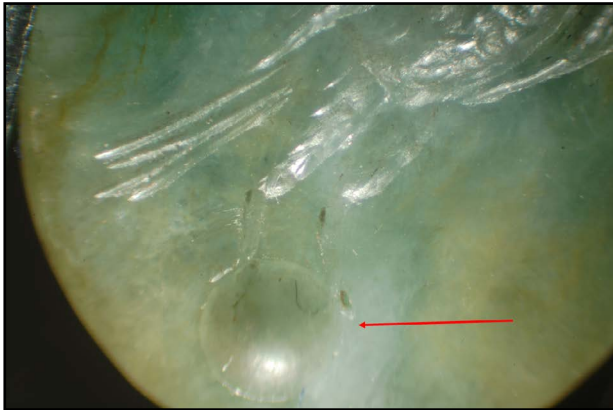


Fig. 6 Esempi di globuli dal profilo coronale tondo.
(Foto: Flavio Butini, campo visivo 1,8 mm)



Fig. 8 Sensore elastometrico GelSight Mobile.
(Foto concessa da Smart N.d.T.)



Fig. 7 Solchi curvi ottenuti inclinando la fresa circolare.
(Foto: Flavio Butini, campo visivo 1,8 mm)

Risultati

Rugosità

L'elastometro Gelsight Mobile rileva differenti tipi di rugosità². Nel presente scritto le analisi sono state effettuate sui parametri "Ra", valore della media tra i picchi e i valli del fondo della traccia. Entrambi i valori minimi e massimi registrati sono stati riscontrati sulla gemma numero 31, rispettivamente 2,04 μm nel tratto verticale della cornucopia (Figure 9a e 10a) e 14,75 μm nel tratto del bacino (Figure 9b e 10b).

Profondità

La profondità dei segni varia tra i 30 μm riscontrata nella gemma numero 40 (Figure 11a e 12a) e 812,37 μm della gemma numero 31 (Figure 11b e 12b). L'attenzione degli autori in merito a queste misurazioni si è concentrata sulla parte centrale del tratto più profondo in relazione all'altezza totale della gemma. Ciò nella convinzione che tale valore potesse presentare una certa coerenza dovuta alla necessità del lapicida di preservare la solidità del manufatto. Difatti, calcolato il valore medio della profondità dei solchi in 21%, notiamo discostamenti minimi da tale indice, compresi tra 13% e 29%. Fa eccezione in questo il reperto numero 37 per il quale lo strumento ha registrato una profondità massima del 10%, questo dato è però certamente imputabile all'elevato stato di usura della gemma (vedi Tabella 1).

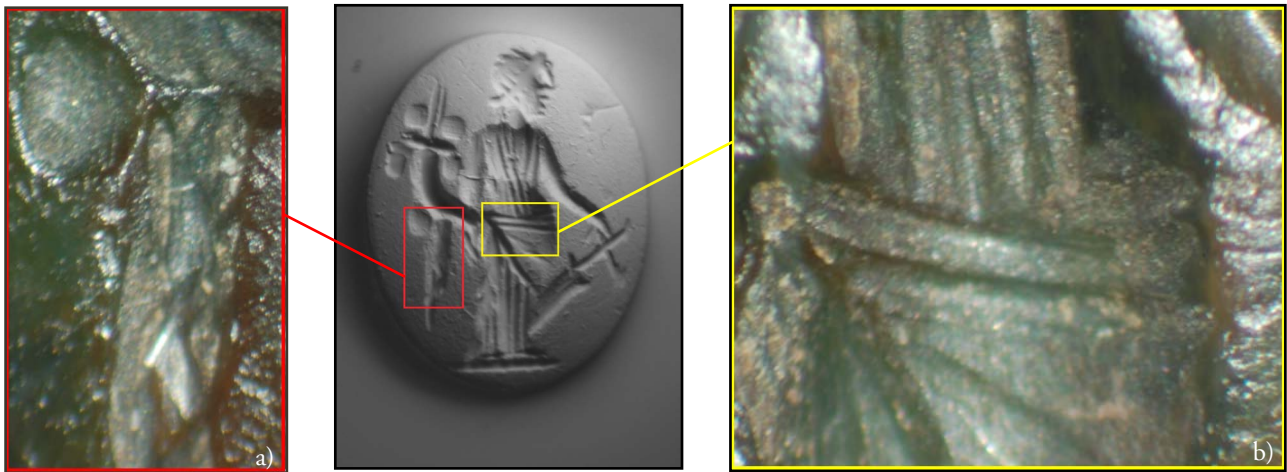


Fig. 9 a) Dettaglio della zona della gemma numero 31 nella quale è stata rilevata la minima rugosità (2,04 μm);
 b) dettaglio dell'area della gemma numero 31 nella quale è stata rilevata la massima rugosità (14,75 μm).
 (Foto inset: Flavio Butini, campo visivo 1,8 mm — 0,9 mm; Immagine 3D: Rose Marie Scappin e Luca Lorenzi)

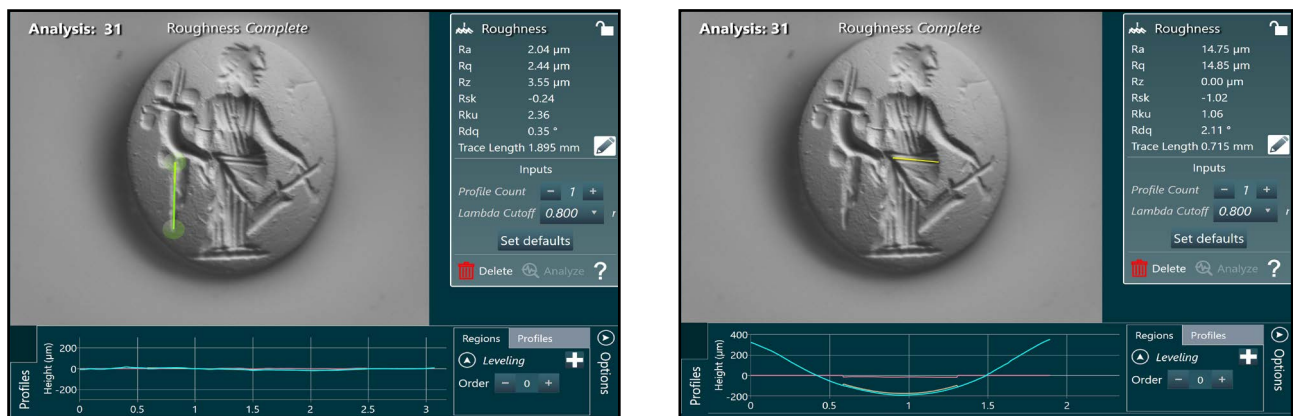


Fig. 10 Schermate del software GelSight Mobile Pro 2.4 relative alla misurazione della rugosità minima (a) e massima (b) nel campione 31.
 (Foto: Rose Marie Scappin e Luca Lorenzi)

² I diversi tipi di rugosità rilevati da GelSight:

- Rugosità Ra: valore medio aritmetico degli scostamenti (presi in valore assoluto) del profilo reale della superficie rispetto alla linea media.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l Z(x) dx;$$

- Rugosità Rz: ottenuta calcolando l'altezza dei cinque picchi più alti e la profondità delle cinque valli più profonde in valore assoluto, la somma di questi dieci punti costituisce Rz;
- Rugosità Rq: media quadratica degli scostamenti dei punti del profilo dalla linea media. Il parametro non è influenzato in modo significativo da graffi e contaminazioni.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx};$$


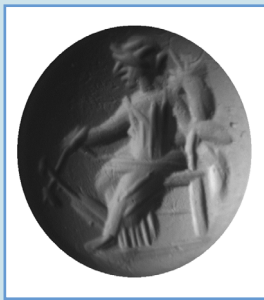

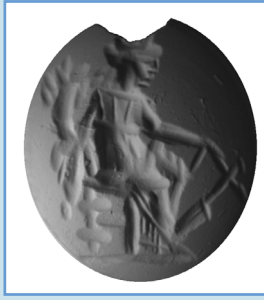
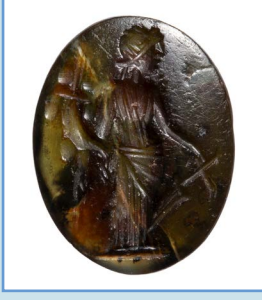
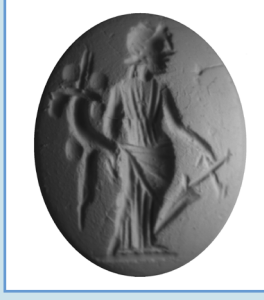
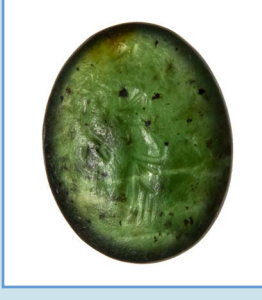


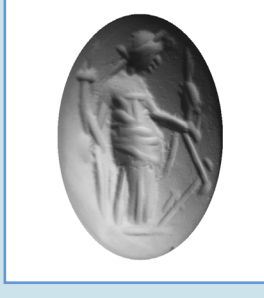
- Rugosità Rsk: misura della simmetria del profilo rispetto alla linea media. Questo parametro identifica le differenze di simmetria su profili aventi il medesimo valore di Ra o Rq.

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left(\frac{1}{l} \int_0^l Z^3(x) dx \right)$$

- Rugosità Rku: misura dell'acutezza del profilo, si riferisce alla geometria della punta di picchi e valli ed è adottato per analizzare il grado di contatto tra due oggetti.

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \left(\frac{1}{l} \int_0^l Z^4(x) dx \right)$$

- Rugosità Rdq: valore quadratico medio per la pendenza del profilo (dz/dx) all'interno della lunghezza di campionamento.

CAMPIONE	PESO (ct)	DIMENSIONI (mm)	SOGGETTO	FOTO	IMMAGINE 3D
15	0,95	7,10 x 6,55 x 3,50	Fortuna seduta con cornucopia e timone		
28	1,21	9,85 x 8,35 x 2,40	Fortuna seduta con cornucopia e timone		
31	1,59	10,90 x 8,65 x 2,80	Fortuna con cornucopia e timone rivolta verso destra		
37	1,36	9,09 x 7,18 x 3,33	Fortuna con cornucopia e timone rivolta verso destra		
40	0,99	7,55 x 5,56 x 4,20	Fortuna con cornucopia e timone rivolta verso destra		

Tab. 1

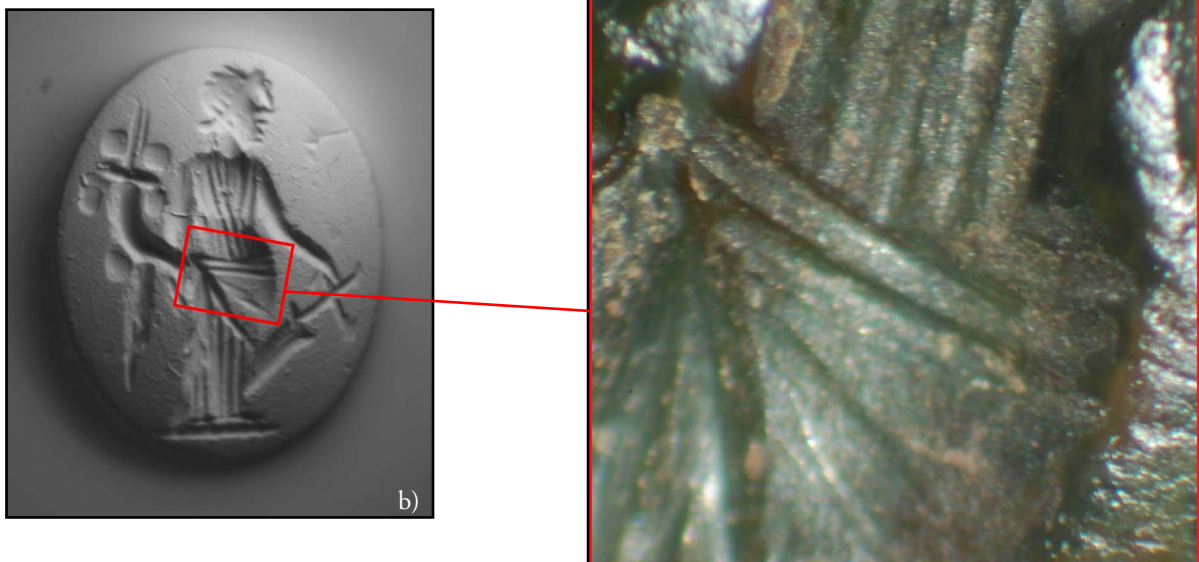
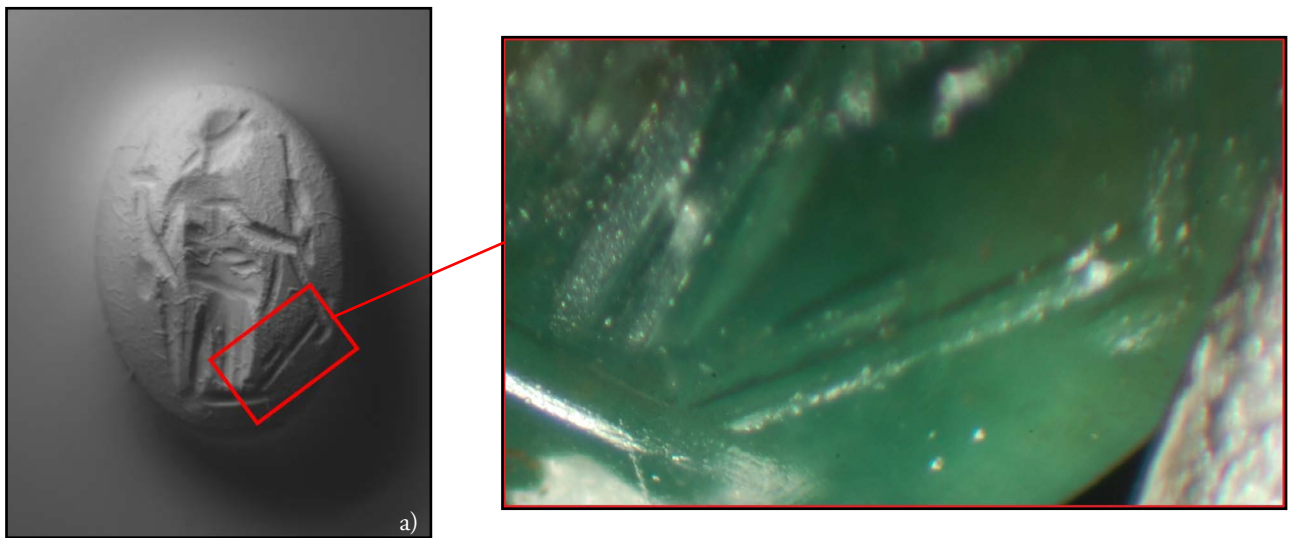


Fig. 11 a) Dettaglio della zona della gemma numero 40 nella quale è stata rilevata la minima profondità ($30\ \mu\text{m}$);
 b) dettaglio dell'area della gemma numero 31 nella quale è stata rilevata la massima profondità ($812,37\ \mu\text{m}$).
 (Foto Flavio Butini, campo visivo 1,2 mm.; Immagine 3D: Rose Marie Scappin e Luca Lorenzi)

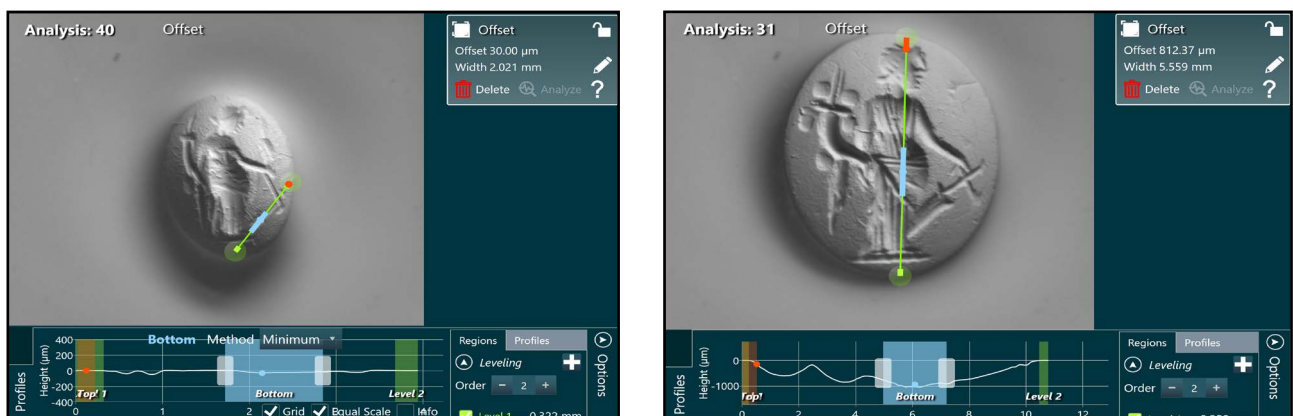


Fig. 12 Schermate del software Gelsight Mobile Pro 2.4 relative alla misurazione della profondità minima nel campione 40 (a) e della profondità massima nel campione 31 (b). (Foto: Rose Marie Scappin e Luca Lorenzi)

Raggio

Questa misurazione rileva il raggio dell'angolo delle tracce lasciate dagli strumenti.

Il valore minimo (profilo più scosceso della parete del solco) è riscontrato sulla gemma numero 28 di 0,127 mm nella traccia sottostante i piedi (Figure 13a e 14a). Il valore massimo (profilo più declive della parete del solco) è di 4,719 mm riscontrato nella gemma numero 40 nella traccia del fianco destro (Figure 13b e 14b).

Con questo tipo di valori è possibile, tramite calcoli matematici, ricostruire l'angolazione di incisione, il tipo di strumento impiegato, le loro dimensioni e, possibilmente, lo stato di usura. Quest'ultimo potrà forse essere messo in relazione, statisticamente parlando, con l'epoca del reperto (datazione).

Conclusioni

L'uso di GelSight Mobile in ambito archeo-gemmologico renderà possibile identificare dati utili ad attribuire a diverse civiltà la diffusione di una particolare cultura materiale, studiare e datare in modo preciso ed estremamente dettagliato la divulgazione di particolari tecniche e tecnologie di incisione, ampliando la conoscenza delle tradizioni estetiche e tecnologiche e la loro correlazione.

Inoltre i dati relativi l'importazione e il trasferimento dei materiali e delle tecnologie di ciascuna civiltà renderanno possibile la conferma o la revisione delle teorie storiche, artistiche ed estetiche finora accreditate.

Gli elastometri sono quindi un prezioso strumento per acquisire ulteriori dati che possano indirizzare la reinterpretazione delle nostre conoscenze del passato, passando dall'osservazione alla misurazione delle tracce impresse sui reperti di glittica.

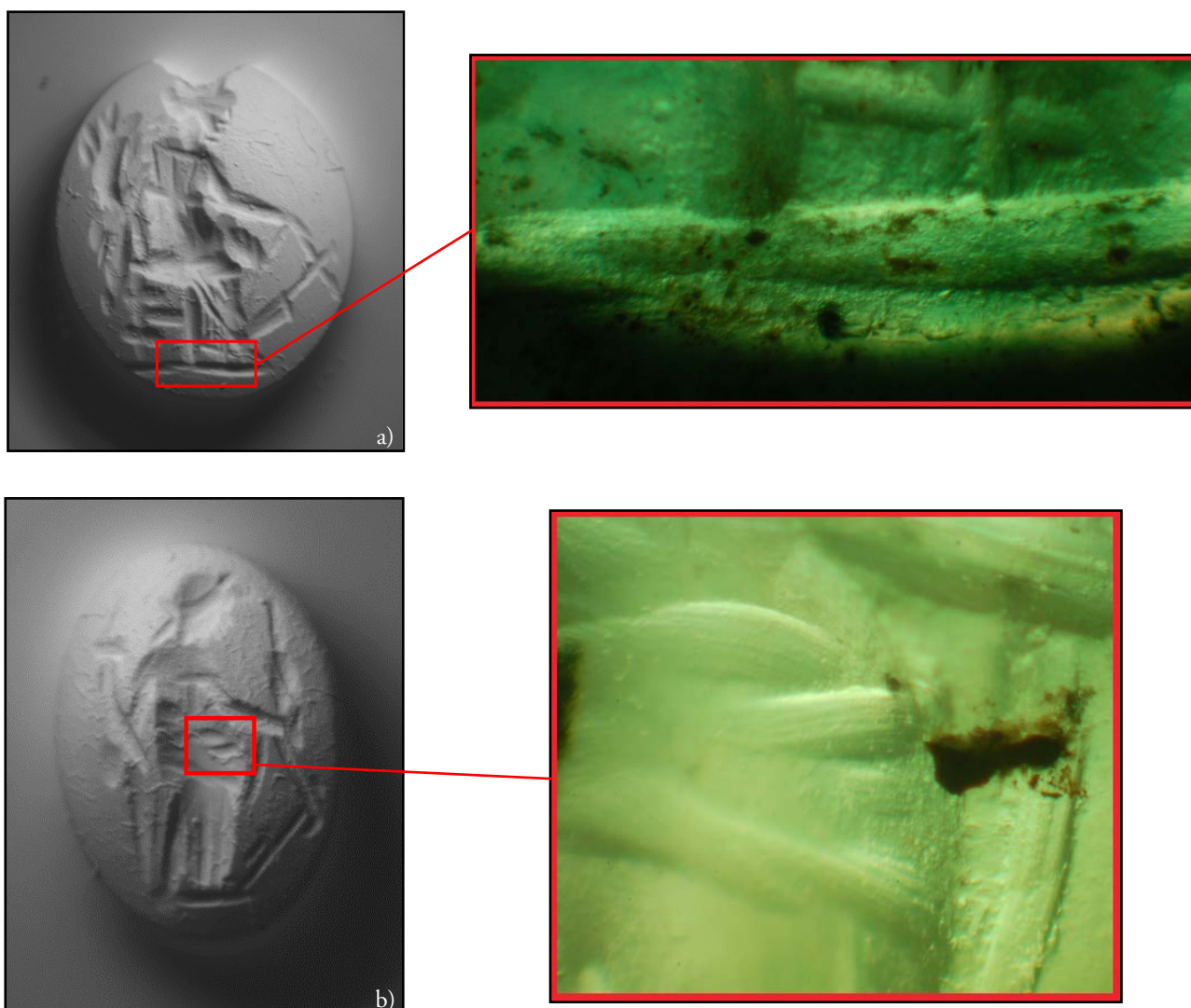


Fig. 13 a) Dettaglio della zona della gemma numero 28 nella quale è stato rilevato il valore minimo di raggio (0,127 mm); b) dettaglio dell'area della gemma numero 40 nella quale è stato rilevato il valore massimo di raggio (4,719 mm). (Foto: Flavio Butini, campo visivo 0,9 mm; Immagini 3D: Rose Marie Scappin e Luca Lorenzi)

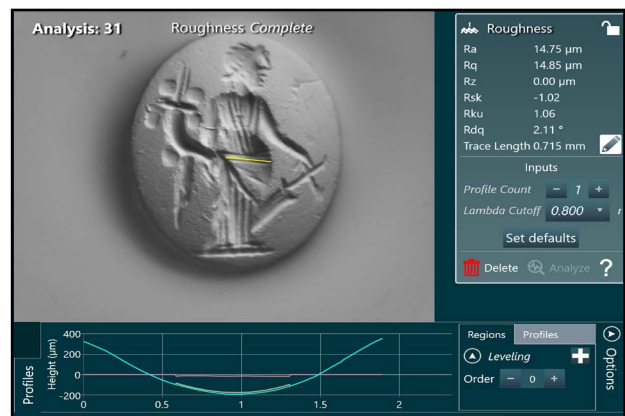
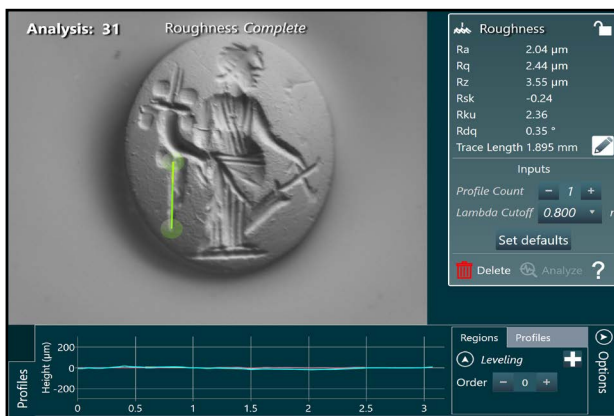


Fig. 14 Schermate del software GelSight Mobile Pro 2.4 relative alla misurazione del raggio minimo nel campione 20 (a) e del raggio massimo nel campione 40 (b). (Foto: Rose Marie Scappin e Luca Lorenzi)

Bibliografia

- Biswas A. K., 1996. *Minerals and Metals in Ancient India: Volume 1, Archaeological Evidence*. New Delhi: D. K. Printworld (P) Ltd.
- Butini E., Butini F., 2007. *Archeogemmologia: tecniche, imitazioni e sofisticazioni nel mondo antico*, in *De re metallica* di Cavallini E. e Gigante E.G., L'Erma di Bretschneider, Roma, pp. 249-467.
- Butini E., Butini F., 2022. *Prasio: lo smeraldo degli imperatori*, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Cavenago-Bignami Moneta S., 1980. *Gemmologia, I-III*, Hoepli, Milano.
- Devoto G., 1985. *Geologia applicata all'archeologia*, Carocci ed., Roma.
- Hölscher T., 2010. *L'Archeologia Classica: Un'Introduzione*, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Krzemnicki M.S., Butini F., Butini E., De Carolis E., 2019. *Gemmological analysis of a Roman sapphire intaglio and its possible origin*, in *Journal of Gemmology*, 36, 8, pp. 710-724.
- Mariette P.J., 1750. *Traité de pierres gravées*, Vol. I - II - III, Parigi.
- Riccomini A. M., 2016. *Arti Suntuarie*, in *Arte Romana* di Papini M., Mondadori Education S.p.A., Milano, pp. 401-423.

Ringraziamenti

Luca Lorenzi — Smart N.d.T.; Enrico Butini — IGN Roma; Francesca Gaeta — IGN Roma

Alcuni cenni sull'affascinante disciplina dell'archeogemmologia

L'archeogemmologia è una branca della gemmologia deputata all'analisi, allo studio e alla classificazione dei materiali litici o litoidi utilizzati come gemme o come manufatti ornamentali nell'antichità, rinvenuti in scavi archeologici o conservati in musei e collezioni private.

Il termine fu per primo utilizzato in Italia dallo storico dell'arte Angelo Lipinsky.

I normali servizi offerti dal laboratorio gemmologico possono produrre risultati che, filtrati e rielaborati dall'archeologo o dallo storico dell'arte, concedono nuove e utili informazioni alle ricerche di questi ultimi. Tra i servizi appena citati proponiamo, a titolo esemplificativo: la determinazione dell'origine geografica, l'individuazione dei trattamenti e delle adulterazioni, lo studio delle caratteristiche esterne (tecniche di lavorazione e studio delle microalterazioni derivanti sia dall'utilizzo sia dalle condizioni di giacitura o di conservazione) e la semplice identificazione.

Innumerevoli sono già stati i casi in cui le risultanze gemmologiche hanno completato (quando non anche sovvertito) i frutti degli studi archeologici. Proponiamo di seguito una campionatura dall'esperienza personale di uno degli autori (Flavio Butini).

Nella metà degli anni '80 un quarzo citrino rinvenuto a Pompei risultò essere, invero, un'ametista scaldata (De Ambrosio, De Carolis e Butini, 1997), dimostrando che questa pratica, ancora oggi utilizzata, fosse già in uso nel I secolo d.C.

Nel 2011 una tiara di zaffiri ritrovata a Colonna (Roma) montava 7 gemme, 4 delle quali di origine basaltica e 3 metamorfica, portando a nuove considerazioni circa la complessità dei traffici commerciali delle pietre preziose in epoca Imperiale (vedi IGR – Rivista Italiana di Gemmologia nr. 1, 2017).

Nel 2019 si poté apprezzare la presenza di un riempimento di resina in un campione di fluorite risalente al I secolo a.C. – I secolo d.C., risolvendo l'emblematica descrizione pliniana in merito al "profumo" dei preziosissimi vasi murrini (fatti di fluorite, appunto).

Molto più ampia potrebbe essere questa selezione proveniente da ricerche passate e ancor più lo saranno quelli a venire, segno indiscutibile che la gemmologia è una materia vivacemente in mutazione e ampliamento.