

## CAPIENZA DELLE FORME VASCOLARI, DA UN METODO OPEN SOURCE ALL'USO DI MODELLI REGRESSIVI: IL CASO DELL'INSEDIAMENTO PROTOSTORICO DEL MONTE CIMINO

### 1. INTRODUZIONE

La capienza delle forme vascolari è uno degli aspetti più significativi nello studio della produzione artigianale della ceramica, in particolare per ciò che concerne le funzioni e l'organizzazione economica e sociale della manifattura (VELASCO FELIPE, CELDRÀN BELTRÀN 2019). Un aspetto caratterizzante per riconoscere la presenza di forme di artigianato specializzato o comunque semi-specializzato (intendendo con tale termine produzioni a carattere non “domestico”) è infatti, assieme a criteri di tipo morfologico, tecnico e compositivo (LEVI 2010, 132), il riconoscimento di possibili forme di standardizzazione delle capacità. Tale problematica appare particolarmente significativa per le società protostoriche, nelle quali, come è noto, esiste almeno un ramo della produzione artigianale, quello metallurgico, che è attribuibile ad artigiani specialisti (PERONI 1994, 241).

Per quanto riguarda invece la produzione vascolare, il passaggio da produzioni domestiche a quelle specialistiche appare più sfumato e articolato e l'identificazione di aspetti che rivelino forme di standardizzazione può rappresentare un utile indicatore di cambiamenti nell'organizzazione della produzione. Particolare importanza sembra assumere quindi il calcolo della capacità delle forme ceramiche provenienti da contesti di tipo protostorico e, in particolare, dagli insediamenti. I ritrovamenti da contesti abitativi, infatti, sono di gran lunga superiori a quelli dalle necropoli (con particolare riguardo alla situazione in Etruria Meridionale nel Bronzo Finale: BARBARO 2010) e, a differenza di quest'ultime, non sono condizionati da aspetti legati alla ritualità come, ad esempio, la possibile assenza di funzionalità pratica delle forme fittili. Tuttavia, va segnalato che la ceramica proveniente da abitato, nonostante costituisca il record prevalente in termini di quantità, è condizionata da alti livelli di frammentazione che ne impediscono il calcolo della capienza, problema però risolvibile con l'uso di metodi statistici di tipo regressivo. L'analisi della regressione può essere utilizzata per stimare la relazione esistente tra una variabile dipendente e una indipendente attraverso una sua rappresentazione formale, quale quella di un'equazione. In campo archeologico il suo impiego rende possibile avanzare delle ipotesi e fare previsioni basate sul dato archeologico (VANPOL, LEONARD 2011, 179-180).

Gli obiettivi che questo lavoro si prefissa sono:

1) elaborare un metodo per il calcolo del volume che risulti di facile applicazione e che sia al contempo veloce e preciso;

- 2) ampliare in tal modo il più possibile i dati sulla capacità tramite l'uso di modelli regressivi basati sulla correlazione tra volume e diametro all'imboccatura;
- 3) confrontare i risultati ottenuti per apprezzare differenze e analogie tra diversi metodi utilizzabili per la stima del volume;
- 4) evidenziare e interpretare possibili gruppi dimensionali o standardizzazioni nella capacità nell'ambito di specifici contesti.

La standardizzazione dei manufatti è un argomento trattato ampiamente in letteratura (RICE 1989; STARK 1991; BLACKMAN *et al.* 1993; KVAMME *et al.* 1996; ARNOLD 2000; MILOGLAV 2014) e viene definita da RICE (1996) come «una riduzione nella variabilità nell'assemblaggio ceramico». Nella quantificazione di variabilità del materiale archeologico è usualmente utilizzato il coefficiente di variazione (CV) (EERKENS, BETTINGER 2001). Nel contributo di BLACKMAN *et al.* (1993) vengono definite come standardizzate quelle classi vascolari, in particolare scodelle, che presentano un CV minore del 10% su alcuni attributi dimensionali. Inoltre, viene introdotto il concetto di *cumulative blurring*, cioè un aumento della variabilità delle dimensioni dei vasi dovuta a diversi cicli produttivi, opera anche di artigiani specialisti (BLACKMAN *et al.* 1993, 74), secondo cui i dati metrici sulla standardizzazione risulterebbero distorti in quanto il campione archeologico rappresenta un risultato complessivo di diverse produzioni realizzate nel corso del tempo e dello spazio.

## 2. IL CAMPIONE

In questo articolo sono state analizzate le forme aperte articolate (tazze e ciotole, secondo la definizione di PERONI 1994) provenienti dall'insediamento del Bronzo finale posto sulla sommità del Monte Cimino<sup>1</sup> (BARBARO *et al.* 2011; CARDARELLI, TRUCCO 2014). Le campagne di scavo hanno interessato numerose zone del piano sommitale (CARDARELLI, TRUCCO 2014, fig. 1, 31); tuttavia, in questo contributo è stato analizzato il materiale ceramico proveniente dal Settore 4 e dal Settore 1. Nel primo contesto è venuto alla luce un complesso sistema di fortificazioni a gradoni (CARDARELLI, TRUCCO 2014,

<sup>1</sup> Tra il 2009 e il 2011 lo scavo si è svolto in collaborazione fra la Soprintendenza dei Beni Archeologici per l'Etruria meridionale e il Dipartimento di Scienze dell'Antichità, Sapienza Università di Roma, Cattedra di Protostoria Europea (Direttori Prof. Andrea Cardarelli, Dott.ssa Flavia Trucco); dal 2012 al 2016, anno di conclusione dell'attività sul campo, su concessione di scavo al Dipartimento di Scienze dell'Antichità, Sapienza Università di Roma, Cattedra di Protostoria Europea (Direttore Prof. Andrea Cardarelli). Desidero ringraziare il Prof. Andrea Cardarelli, la Dott.ssa Barbara Barbaro, la Dott.ssa Flavia Trucco e il Dott. Nicola Ialongo per aver messo a disposizione i materiali e i dati per la realizzazione di questo articolo. Un ringraziamento va anche al Dott. Andrea Di Renzoni per aver seguito la pubblicazione di questo contributo.

Inventario	Sett.	Diametro orlo (cm)	Tazza/ciotola	Volume (litri)	Inventario	Sett.	Diametro orlo (cm)	Tazza/ciotola	Volume (litri)
4315	1	10,40	A collo	0,33	4246	1	15,30	Carenata	0,83
3751	1	10,20	A collo	0,52	4340	1	18,30	Carenata	1,23
3745	1	20,20	A collo	2,43	2506	1	9,30	Carenata	0,26
4215	1	19,10	A collo	1,89	690	1	14,90	Carenata	0,76
3807	1	18,20	A collo	2,11	3533	1	11,20	Carenata	0,36
3779	1	18,10	A collo	1,68	2591	4	23,60	Carenata	3,05
3541	1	15,20	A collo	0,85	2794	4	19,50	Carenata	1,48
3882	1	8,50	A collo	0,24	2827	4	18,90	Carenata	1,27
3867	1	9,50	A collo	0,30	400001	4	16,40	Carenata	1,3
4216	1	11,00	A collo	0,46	2246	4	16,00	Carenata	0,68
82	1	10,50	A collo	0,47	2370	4	18,00	Carenata	1,17
337	1	19,00	A collo	2,20	2554	4	14,00	Carenata	0,54
613	1	9,30	A collo	0,29	2204	4	17,50	Carenata	0,92
867	1	10,20	A collo	0,37	2197	4	18,60	Carenata	1,67
2442	1	9,00	A collo	0,45	2177	4	14,30	Carenata	0,69
2509	1	10,60	A collo	0,47	2094	4	18,00	Carenata	1,52
2526	1	16,30	A collo	1,11	1913	4	16,00	Carenata	0,72
3137	1	9,20	A collo	0,28	1942	4	13,80	Carenata	0,46
4204	1	14,20	A collo	0,95	1948	4	18,20	Carenata	1,09
3205	1	12,50	A collo	0,52	2025	4	16,20	Carenata	0,93
3534	1	13,50	A collo	0,49	1671	4	20,00	Carenata	1,26
3828	1	13,80	A profilo arrotondato	0,70	1627	4	22,50	Carenata	2,69
3185	1	15,20	A profilo arrotondato	0,65	1602	4	21,20	Carenata	1,6
2685	4	20,00	A profilo arrotondato	1,08	1573	4	11,50	Carenata	0,29
2393	4	13,00	A profilo arrotondato	0,40	1164	4	11,40	Carenata	0,32
3141	4	17,40	A profilo arrotondato	0,89	1193	4	15,70	Carenata	0,77
805	4	18,50	A profilo arrotondato	1,59	1535	4	16,50	Carenata	0,92
591	4	12,00	A profilo arrotondato	0,34	1149	4	14,10	Carenata	0,75
346	1	17,20	Carenata	0,76	1147	4	19,50	Carenata	1,71
4160	1	19,30	Carenata	1,1	621	4	14,40	Carenata	0,67
3810	1	18,50	Carenata	1,94	468	4	18,60	Carenata	1,14
3848	1	13,50	Carenata	0,74	469	4	18,20	Carenata	1,42
					611	4	19,40	Carenata	1,99

Tab. 1 – Nella tabella sono riportati i dati (numero di inventario, diametro all'imboccatura, classe tipologica, capacità e settore di provenienza) dei frammenti oggetto della prima parte dell'analisi.

figg. 2-3, 31-33) assieme a una fornace per la cottura della ceramica. Sulla base di dati preliminari l'impianto della cinta muraria è databile alla fase 1-2 del Bronzo Finale<sup>2</sup>. Successivamente sono stati riconosciuti tre rifacimenti, fino al momento terminale del Bronzo Finale, periodo in cui l'insediamento appare essere abbandonato. Va segnalata la presenza, in giacitura secondaria, di pochi reperti attribuibili ad un momento avanzato del Bronzo Recente, che tuttavia non è possibile mettere in relazione a evidenze strutturali.

<sup>2</sup> Bronzo Recente = 1325/1330-1150 a.C.; Bronzo Finale 1-2 = 1150-1025 a.C.; Bronzo Finale 3 = 1025-950/925 a.C.

Lo scavo del Settore 1, posto esattamente sulla vetta del Cimino, ha evidenziato la presenza di una struttura monumentale di pietrame a secco addossata a quattro grandi massi trachitici. All'interno della costruzione, ad andamento circolare, sono presenti strati carboniosi ricchi di materiale archeologico che sono stati attribuiti a butti, risultato di roghi a carattere votivo, intervallati da strati sterili (CARDARELLI, TRUCCO 2014, fig. 6, 35). Le evidenze del Settore 1 hanno portato a considerare la struttura della vetta come un complesso a carattere verosimilmente culturale. Sulla base di una preliminare analisi dei materiali rinvenuti, il deposito è attribuibile esclusivamente alla fase 3 del Bronzo Finale (CARDARELLI, TRUCCO 2014, 34).

Condizione preliminare di questo lavoro è stata la realizzazione di una tipologia morfologica che ha permesso di individuare all'interno delle ciotole/tazze tre classi tipologiche, in particolare per ciò che concerne l'articolazione del profilo dei vasi (cfr. *infra*). Il campione su cui è stata realizzata questa sperimentazione è composto da 65 frammenti (33 provenienti dal Settore 1, 32 dal Settore 4) di vasi (tazze a collo, ciotole o tazze a profilo arrotondato o carenato) (Tab. 1).

### 3. I METODI

Il calcolo del volume dei vasi viene quantificato mediante tre metodi principali: la misurazione diretta, il calcolo manuale basato su metodi geometrici bidimensionali, e infine metodi computerizzati che si basano su ricostruzioni tridimensionali del vaso. In VELASCO FELIPE, CELDRÀN BELTRÀN (2019) è presente una rassegna di tali metodi che in questa sede vengono brevemente riassunti. Il metodo della misurazione diretta consiste nel riempire il vaso con un liquido o un materiale a grana piccola fino alla massima capacità (SENIOR, BIRNIE 1995, 321-322).

Tale metodo presenta il vantaggio di essere immediato nella realizzazione, ma necessita l'accesso diretto al recipiente di cui si vuole misurare il volume e la disponibilità di vasi integri o completamente restaurati, problema non trascurabile in quanto la maggior parte della ceramica vascolare proveniente da scavi archeologici si presenta come frammentaria.

Tra i metodi di misurazione geometrica si trovano quelli che scompongono il vaso in forme geometriche semplici, come cilindri o sfere (SHEPARD 1956; CASTILLO TEJERO, LITVAK 1968; ERICSON, STICKEL 1973; JOHNSON 1973), il cui volume può essere calcolato con formule matematiche conosciute. Il vantaggio più immediato di questo metodo è che non richiede l'accesso diretto al materiale archeologico, potendo essere applicato a riproduzioni e ricostruzioni grafiche. Il problema del procedimento è costituito dall'approssimazione in forme semplificate rispetto a quelle in genere più complesse dei vasi (SENIOR, BIRNIE 1995, 322). Un altro metodo di misurazione geometrica è quello degli

*stacked cylinders* (SMITH 1983, 1985; NELSON 1985, 312-313; RICE 1987, 221-222; SENIOR, BIRNIE 1995, 322-323) che prevede di calcolare il volume, a partire dal disegno, dividendo il profilo con una serie di cilindri di altezza simile, ma con diversi diametri. La somma del volume di ogni cilindro darà, con una certa approssimazione, quella del vaso. Uno sviluppo di questo metodo è quello dei *bevel-walled cylinders* (SENIOR, BIRNIE 1995, 324-330; THALMANN 2007, 431-432), ovvero tronchi di cono che aderiscono al profilo del vaso in maniera più soddisfacente, con una conseguente diminuzione del tempo di realizzazione e soprattutto dell'approssimazione nel calcolo.

L'ultimo gruppo di metodi è quello della modellazione tridimensionale dei vasi: in KARASIK, SMILANSKI (2006) è usato un software chiamato Capacity per calcolare, in litri, il volume dei vasi da illustrazioni bidimensionali. SOPENAVICIÉN (2006) utilizza invece il software Autodesk AutoCAD per ruotare i profili dei disegni dei vasi, una volta vettorializzati, attorno al loro asse centrale per ricavarne modelli tridimensionali, dai quali poi estrapolare automaticamente il volume. In ZAPASSKY *et al.* 2006 è impiegato invece un altro programma, Rhinoceros, per generare un modello tridimensionale del vaso e di conseguenza il suo volume, confrontandolo, infine, con quello ottenuto dalla misurazione diretta. In ZAPASSKY *et al.* 2009 è utilizzato invece il software MapInfo per georeferenziare le immagini e poi calcolarne il volume con Rhinoceros. Ricostruzioni del volume a partire da modelli tridimensionali sono state anche realizzate attraverso il software Blender (SÁNCHEZ CLIMENT, CERDEÑO SERRANO 2014); il vantaggio di questo programma risiede nel fatto che è open source, lo svantaggio è che con esso non si possono creare profili vettorializzati del vaso, necessari alla creazione del modello 3D.

In questa sede si è invece optato per una soluzione diversa, che utilizza solamente risorse open source: alla base del metodo vi sono delle formule geometriche conosciute come Teoremi di Pappo-Guldino o Teoremi del Centroide di Pappo ([https://it.wikipedia.org/wiki/Teoremi\\_di\\_Pappo-Guldino](https://it.wikipedia.org/wiki/Teoremi_di_Pappo-Guldino); GOODMAN, GOODMAN 1969), che permettono di calcolare la superficie (primo teorema) e il volume (secondo teorema) dei solidi di rotazione. Nello specifico il secondo teorema, riguardante il volume, recita:

*il volume di un solido di rotazione  $\mathcal{G}$  ottenuto ruotando una figura piana  $K$  di un angolo  $\alpha$   $[0, 2\pi]$  attorno a un asse ad essa complanare è pari a*

$$V = \alpha \cdot d \cdot A$$

*dove  $d$  è la distanza dal baricentro della figura piana e  $A$  è l'area di  $K$*

Perciò è sufficiente moltiplicare l'area della sezione del disegno per la circonferenza, calcolata utilizzando come raggio la distanza dal baricentro all'asse mediano, per calcolarne il volume.

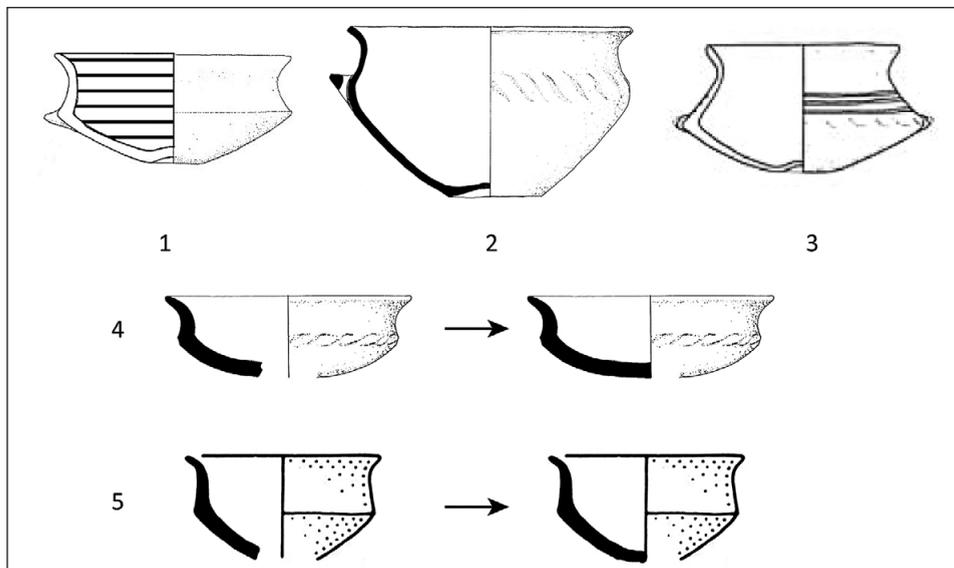


Fig. 1 – Corpus di vasi provenienti da vari contesti dell’Etruria Meridionale nel Bronzo Finale. Sono mostrate alcune modalità di ricostruzione di vasi con profilo integro (1. PACCIARELLI 2000, 161, fig. 98; 2. POHL 1977, Pl. 15, Sp. 5; 3. BARBARO 2010, 320, 125, B) o totalmente ricostruibile (4. POHL 1977, Pl. 12, OHI-30; 5. POTTER 1976, 250, 85, 511).

A tale scopo è stato utilizzato il software QGIS 3.6 Noosa: dopo la georeferenziazione dei disegni, si è proceduto a vettorializzare, tramite la creazione di un poligono, la figura piana K (lo “spicchio” tratteggiato in Fig. 1, 1) la cui superficie è stata calcolata mediante lo strumento Calcolatore di campi; successivamente è stato individuato il baricentro della figura con lo strumento Centroide e infine è stata applicata la formula per ricavare il volume.

Lo stato di conservazione dei frammenti pertinenti alle classi delle ciotole e tazze dal sito protostorico del Monte Cimino presenta, come spesso accade in contesti di abitato, un elevato grado di frammentazione; quindi in prima istanza sono stati scelti quelli maggiormente conservati dai quali fosse possibile ricostruire con ragionevole certezza la forma complessiva: il criterio adoperato nella selezione è la conservazione del profilo, per qualche centimetro, al di sotto del punto di massima espansione (carena o spalla) al fine di individuare l’inclinazione e l’andamento. A livello empirico e generale, la ricostruzione del profilo di ogni frammento incluso nell’analisi è stata operata tramite il confronto con il maggior numero di esemplari, con profilo conservato integralmente, di morfologia e dimensione simile, dello stesso arco cronologico e territoriale (cfr. *infra*). Tuttavia, alla base di questo processo, sono state ideate e conseguite delle regole metodologiche per la ricostruzione dell’altezza del

Forma	Campione	Rapporto Diametro all'imboccatura/altezza				
		Media	Mediana	Dev. standard	Errore standard*	Intervallo di confidenza (95%)**
Carenate	30	2,06	2,04	0,39	0,07	2,06 ± 0,12
A profilo arrotondato	18	1,96	2,02	0,33	0,08	1,96 ± 0,17
A collo	9	1,95	1,96	0,59	0,17	1,95 ± 0,39

\* L'errore standard è calcolato dividendo la deviazione standard per la radice quadrata del campione:  $SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ .

\*\* L'intervallo di confidenza è stato calcolato seguendo la procedura in DRENNAN 2009, 118-123. La formula utilizzata è:  $i. c. = x \pm t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} SE$ , dove  $x$  è la media,  $t$  è il valore della distribuzione  $t$  di Student per  $i$  gradi di libertà del campione e il livello di confidenza scelto,  $SE$  è l'errore standard.

Tab. 2

frammento e dell'andamento del profilo da integrare. Per entrambi gli aspetti è stato fatto riferimento a un campione ( $n = 57$ ) di tazze e ciotole con profilo integro o totalmente ricostruibile (Fig. 1), provenienti da vari contesti dell'Etruria meridionale<sup>3</sup>. Posizione e tipologia dei siti sono indicati nella Fig. 2.

Per la ricostruzione dell'altezza si è partiti da questo corpus di materiale integro che è stato diviso, in modalità analoghe a quanto è stato fatto sui frammenti provenienti dal Cimino, in 3 classi morfologiche (cfr. *infra*). Per ogni reperto integro è stato pertanto calcolato il rapporto tra diametro all'imboccatura e altezza. Nella tabella (Tab. 2) sono stati riportati i valori relativi a media, mediana, deviazione standard, errore standard e intervallo di confidenza (cfr. *infra*) del rapporto in base alla morfologia del vaso.

Poiché la distribuzione dei valori del rapporto tra diametro all'imboccatura e altezza può essere considerata normale (questo è visibile *in primis* dalla somiglianza dei due indici di posizione, ma anche dai test di Kolmogorov-Smirnov  $p > 0.05$  e Shapiro-Wilk  $W p > 0.05$ : KRASKA-MILLER 2013, 224-228)<sup>4</sup>, allora è possibile utilizzare la media come indice affidabile del

<sup>3</sup> Forme carenate (totale 28) – Narce: POTTER 1976, 228, fig. 75, 213; 250, fig. 86, 511. Luni sul Mignone: WIESELGREN 1969, 84, fig. 22, 5; 85, fig. 23, 129; 87, fig. 25, 19, 150; 94, fig. 32, 299; HELLSTROM 1975, Pl. 64, 14; Pl. 72, 525. Scarceta: POGGIANI KELLER *et al.* 1999, 85, fig. 72, 1; 93, fig. 79, 1. San Giovenale: POHL 1977, Pl. 11, Sp. 2, AOHI-141, AOHI-142, AOHI-148; Pl. 12, OHI-30; Pl. 14, OHI-39; Pl. 15, Sp. 7, 8; GIEROW 1984, fig. 26, 32. Torriana: MANDOLESI 1999, fig. 73, 2. Poggio della Pozza: D'ERCOLE, TRUCCO 1995, 347, fig. 4, 2. Pitigliano: ARANGUREN *et al.* 1985, tav. 8, 6; tav. 21, 1, 2. Selciata a Mare: BARBARO 2010, 320, 125, B. Crostoletto di Lamone: POGGIANI KELLER, FIGURA 1979, 359, fig. 4, 12; 362, fig. 5, 2. Veio, Casal del Fosso: PACCIARELLI 2000, 161, fig. 98. Forme a profilo arrotondato (totale 18) – Luni sul Mignone: WIESELGREN 1969, 88, fig. 26, 29; 93, fig. 31, 276, 432. HELLSTROM 1975, Pl. 64, 12, 18; Pl. 65, 22. San Giovenale: POHL 1977, Pl. 13, AOHI-145; Pl. 14, AOHI-157; Pl. 15, Sp. 5, 6. GIEROW 1984, fig. 26, 34. Sorgenti della Nova: *Mostra Nova* 1981, 352, fig. 134, 13. Poggio della Pozza: D'ERCOLE 1998, Tomba 21. Le Sparne di Poggio Buco: ZANINI 1993, fig. 2, 1, 2. ZANINI 1998, 512, fig. 7, 9; 515, fig. 9, 3. Torriana: MANDOLESI 1999, fig. 73, 1. Forme a collo (totale 9) – Le Sparne di Poggio Buco: ZANINI 1993, fig. 2, 3. San Giovenale: GIEROW 1984, fig. 27, 35, 38. Monte Rovello: BARBARO 2010, 249, fig. 88, 10. Luni sul Mignone: HELLSTROM 1975, Pl. 65, 24. Poggio della Pozza: D'ERCOLE 1995, Tomba 25. Pantanaccio: MANDOLESI 1999, 163, 2, 3.

<sup>4</sup> Il livello di significatività è fissato, per ogni test utilizzato nell'articolo, a  $\alpha = 0.05$ .

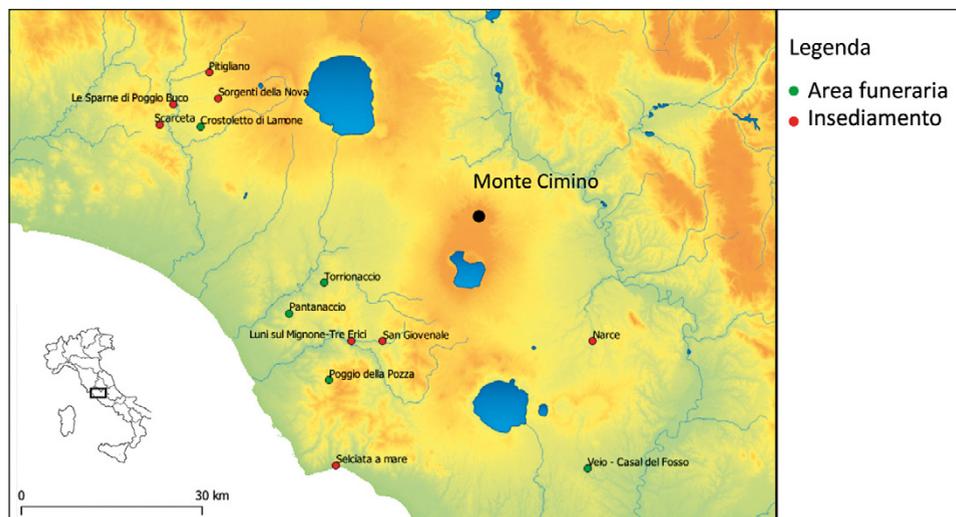


Fig. 2 – Carta dell’Etruria Meridionale con la posizione degli insediamenti e delle aree funerarie da cui proviene il materiale integro utilizzato per la ricostruzione di altezza e profilo dei frammenti provenienti dal Monte Cimino.

rapporto tra imboccatura e altezza. Tutti i vasi del Monte Cimino ( $n = 65$ ) presi in analisi conservano il diametro all’imboccatura (Tab. 1); quest’ultimo parametro è stato quindi utilizzato per una preliminare ricostruzione del range dell’altezza in base ai valori e alla variabilità individuata dall’analisi dei reperti integri. Nonostante la media (cfr. *supra*) sia il valore “più probabile” da utilizzare nella stima dell’altezza in relazione al diametro all’imboccatura, per integrare le informazioni sull’andamento del profilo e includere una certa variabilità della misura sono stati realizzati degli intervalli di confidenza nei quali è compreso, in base alle informazioni ricavate dai vasi integri, il valore della relazione tra diametro e altezza del frammento da ricostruire. Verrà utilizzata una confidenza stimata al 95% (per il procedimento utilizzato, cfr. DRENNAN 2009, 118-123).

Per quanto riguarda invece l’integrazione del profilo, si è fatto nuovamente riferimento al corpus di materiale utilizzato precedentemente per il calcolo dell’altezza: i profili dei disegni archeologici sono stati scalati, sovrapposti e sommati utilizzando lo strumento Raster Calculator di QGIS 3.6 Noosa. Il risultato del procedimento è una *heatmap* dove i colori più caldi rappresentano zone di maggiore sovrapposizione dei profili (Fig. 3). Com’è evidente dalle immagini, al di sotto del punto di massima espansione – carena o spalla – del vaso (a partire dal valore 80 nella scala di riferimento delle ordinate) i profili dei vasi integri esaminati dimostrano una notevole omogeneità formale. Poiché

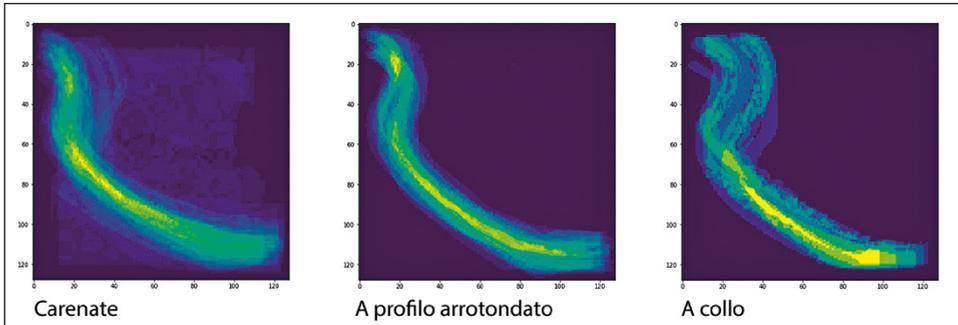


Fig. 3 – Serie di *heatmaps* realizzate a partire dal corpus di materiale integro. I colori più caldi rappresentano zone di maggiore sovrapposizione.

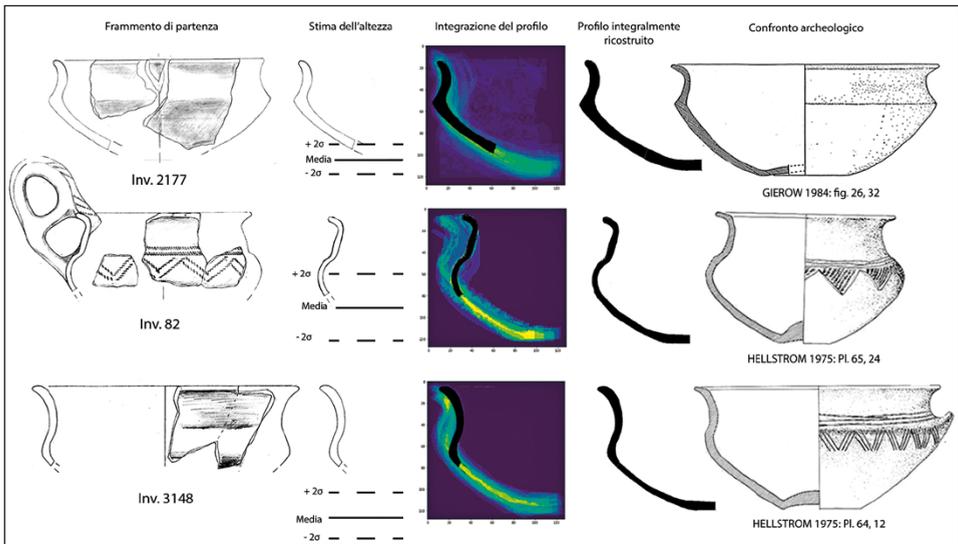


Fig. 4 – Il procedimento operato per ricostruire il profilo dei frammenti provenienti dal Monte Cimino. I frammenti sono anche un'esemplificazione delle classi morfologiche: Carenate: Inv. 2177; A collo: Inv. 82; A profilo arrotondato: Inv. 3148.

ogni frammento da integrare è conservato almeno fino a questa “zona” del vaso (cfr. *supra*) è possibile ricostruire, con l'ausilio della stima dell'altezza e con riferimento ai confronti puntuali, il profilo del vaso con ragionevole certezza. L'intero procedimento integrativo è riprodotto nella Fig. 4.

Al fine di verificare se il metodo ideato effettivamente funzioni sono stati confrontati i risultati ottenuti applicando alcuni metodi precedentemente descritti (Pappo-Guldino, ricostruzione 3D, *Stacked cylinders*) su un vaso

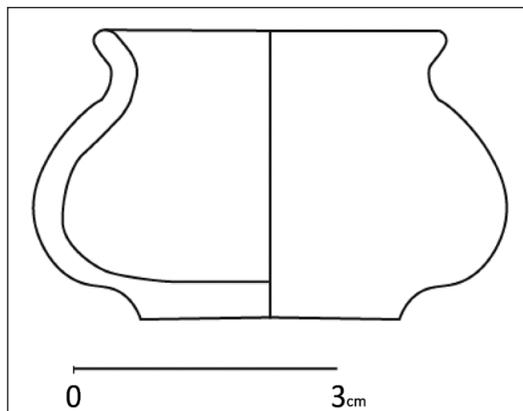


Fig. 5 – Rappresentazione grafica del vaso non archeologico sul quale sono stati applicati alcuni tra i metodi per il calcolo del volume.

intero, non archeologico (Fig. 5 e Tab. 3). Il volume effettivo è stato calcolato in primo luogo riempiendo d'acqua il vasetto mediante un contagocce con una precisione di 0,5 ml. Confrontando i vari metodi si nota che è presente un'accuratezza – calcolata come volume effettivo/volume riscontrato dal metodo – maggiore dell'80%; tuttavia i metodi più precisi risultano la ricostruzione 3D tramite software Blender (98,85%) e il calcolo tramite teorema di Pappo-Guldino (95,4%), che risulta maggiormente efficiente e versatile, in quanto necessita di minor tempo per una misurazione.

Metodo	Contagocce	Pappo-Guldino	3D - Blender	Stacked-cylinders
Volume (litri)	0,0435	0,0415	0,043	0,036
Tempo impiegato	-	< 3 minuti	> 10 minuti	> 5 minuti
Accuratezza		95,4	98,85	82,76

Tab. 3

In conclusione, i vantaggi di questo metodo sono numerosi: può essere attuato tramite soluzioni open source, non richiede l'accesso diretto al materiale, in quanto sono sufficienti le riproduzioni grafiche dei reperti, e risulta notevolmente preciso in relazione al tempo di esecuzione. Gli svantaggi principali sono quelli relativi al disegno stesso, ovvero l'assunzione che sussista una perfetta simmetria intorno all'asse di rotazione, problema condiviso, dopotutto, da qualsiasi metodo che implica una rivoluzione del profilo: tutti quelli citati precedentemente eccetto la misurazione diretta.

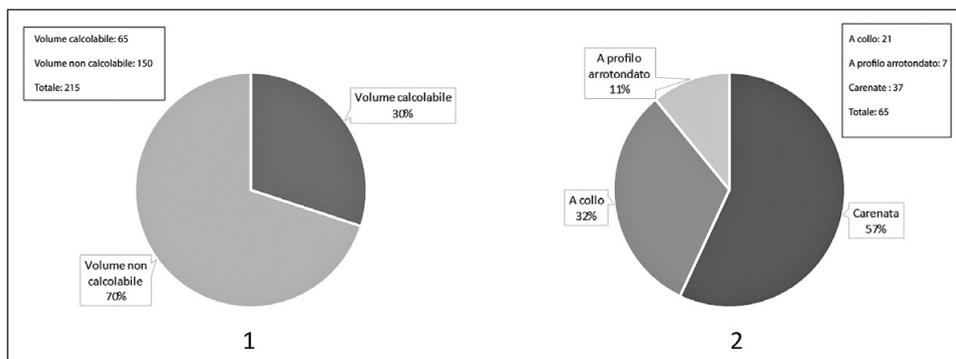


Fig. 6 – Grafici a torta che rappresentano la percentuale di frammenti con volume calcolabile (1) e, all'interno di questi, la percentuale delle varie classi morfologiche individuate (2).

#### 4. RISULTATI

I risultati della misurazione del volume effettuato con il metodo Pappo-Guldino sono riportati nella Tab. 1, insieme al numero di inventario e al diametro all'imboccatura. I grafici a torta (Fig. 6, 2) illustrano l'incidenza percentuale dei frammenti, divisi per classi tipologiche (Fig. 4). Complessivamente, la distribuzione d'insieme dei volumi calcolati non è confrontabile ad una curva normale: questo è visibile dall'istogramma (Fig. 7, 1) e dai test di Kolmogorov-Smirgov ( $p < 0.05$ ) e Shapiro-Wilk  $W$  ( $p < 0.05$ ). Infatti, è presente una concentrazione di valori tra 0,25 e 1 litro.

Successivamente, sono state analizzate separatamente le diverse classi di tazze/ciotole:

– Tazze a collo: forme aperte articolate con una distinzione, più o meno netta, tra collo e spalla (Fig. 4: Inv. 82; BARBARO *et al.* 2011, 615; Fig. 3, C). Il campione è costituito complessivamente da 21 esemplari. Sono riconoscibili due gruppi: il primo prevalentemente compreso tra 0,25 e 1 litro, il secondo da 1,5 a 2,5 litri (Fig. 7, 2).

– Tazze a profilo arrotondato: forme aperte articolate con un profilo decisamente arrotondato, continuo (Fig. 4: Inv. 3148). Il campione è estremamente limitato, essendo costituito da solo 7 esemplari; i valori si concentrano quasi esclusivamente tra 0,25 e 1 litro, quindi sovrapponibili con quelli del primo gruppo delle tazze a collo.

– Tazze e ciotole carenate: forme in cui è presente un flesso, definito carena, tra la parete e la vasca (Fig. 4: Inv. 2177). Il campione è composto da 37 esemplari. L'istogramma indica che la maggior parte delle forme di questa categoria ha un volume compreso tra 0,5 e 1,5 litri. Inoltre, è visibile un gruppo di *outliers* con volume stimato intorno ai 2,5 litri (Fig. 7, 2).

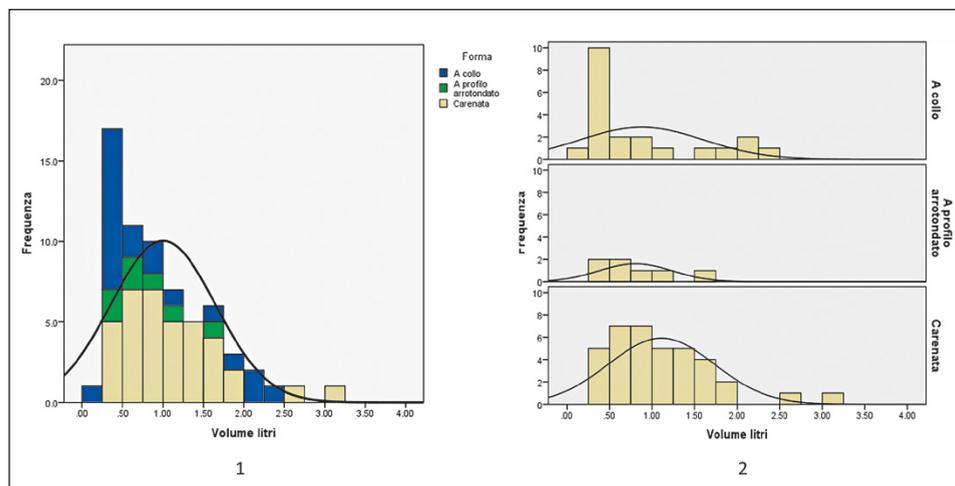


Fig. 7 – Istogramma cumulativo (1) e diviso per classi morfologiche (2) sul volume calcolato tramite teorema di Pappo-Guldino.

Per analizzare il tipo di relazione esistente tra il diametro all'imboccatura e la capacità, considerando tutto il campione utilizzato, senza fare distinzione nelle forme delle tazze/ciotole, è stata valutata la correlazione tra diametro all'imboccatura (in cm) e volume (in litri). Poiché entrambe le distribuzioni non risultano normali è stato impiegato il coefficiente non parametrico *Rho* di Spearman (VANPOOL, LEONARD 2011, 230-233). Come atteso, esiste una correlazione positiva estremamente alta tra le due variabili (0.923 con valore massimo 1,  $p < 0.05$ ). Utilizzando metodi di regressione (DRENNAN 2009, 199-222; VANPOOL, LEONARD 2011, 178-220), sono stati creati dei modelli di relazione tra diametro all'imboccatura (in cm) e volume dei vasi (in litri), con il fine di utilizzare tali modelli per ipotizzare la capacità di quei frammenti il cui stato di conservazione non ne permetteva una misurazione diretta tramite il teorema di Pappo-Guldino. Nella formalizzazione della relazione che lega il valore del diametro all'imboccatura a quello del volume sono stati utilizzati, al fine di individuare il metodo che meglio descrivesse i dati osservati, diversi modelli: lineare, quadratico, potenza, logaritmico ed esponenziale (Fig. 8).

Confrontando gli  $R^2$  (il valore rappresenta la dispersione dei valori intorno alla linea di regressione; un valore  $R^2$  di 1 indicherebbe che i valori cadono esattamente sulla linea di regressione: VANPOOL, LEONARD 2011, 179; <https://statisticsbyjim.com/regression/interpret-r-squared-regression/>) e l'errore standard del coefficiente di regressione (VANPOOL, LEONARD 2011, 199-200) è evidente che il modello che meglio si adatta ai dati osservati è

quello esponenziale. Tuttavia, nelle analisi successive sono stati inseriti tutti i modelli con un  $R^2$  maggiore di 0,8 (Tab. 4).

Modello	$R^2$	Errore st. della stima	<b>f(x)* (semplificata)</b>
Lineare	0,751	0,324	Volume = $0,15 d^{-1,3}$
Logaritmico	0,683	0,366	Volume = $2\log(d)-4,5$
Quadratico	0,825	0,274	Volume = $1,34-0,22 d + 0,001 d^2$
Potenza	0,855	0,251	Volume = $0,0015 d^{2,31}$
Esponenziale	0,875	0,234	Volume = $0,06 e^{-0,16 d}$

\* La variabile  $d$  indica il diametro all'imboccatura (in cm).

Tab. 4

Successivamente, sono stati creati dei modelli di regressione quadratica, cubica, potenza ed esponenziale, tenendo conto delle diverse classi tipologiche considerate (Fig. 8); nella Tab. 5 è espressa anche l'equazione (semplificata) che è stata utilizzata per i calcoli successivi.

Forma	Esponenziale (Fig. 9, 1)	Potenza (Fig. 9, 2)	Quadratico (Fig. 9, 3)
A collo	Volume = $0,06e^{0,19d}$	Volume = $0,001 d^{2,51}$	Volume = $1,8 - 0,31 d + 0,017 d^2$
A profilo arrotondato	Volume = $0,05e^{0,16d}$	Volume = $0,0006 d^{2,55}$	Volume = $- 2,9 + 0,36 d - 0,007d^2$
Carenata	Volume = $0,05e^{0,17d}$	Volume = $0,0005 d^{2,71}$	Volume = $1,51 - 0,25 d + 0,02 d^2$

Tab. 5

Come ultima analisi è stato applicato il modello predittivo per ipotizzare la capacità di tutti gli esemplari delle classi tipologiche considerate provenienti dal Monte Cimino di cui è stato possibile ricostruire il diametro all'imboccatura e che non potevano essere misurate tramite il teorema di Pappo-Guldino (aggiungendo al campione dei 65 elementi elencati nella Tab. 1 altri 150 esemplari): sono stati utilizzati i modelli individuati per ogni classe (Tab. 5). Preliminarmente è stato verificato se i risultati dei metodi regressivi utilizzati differissero in qualche modo tra di loro, tramite un test statistico. A causa della mancata assunzione della normalità dei volumi derivanti dalle regressioni è stato utilizzato il test di Kruskal-Wallis, un'alternativa non parametrica all'ANOVA (analisi della varianza) a una via (KRASKA-MILLER 2013, 123-128).

I confronti pairwise (test U di Wilcoxon-Mann-Whitney: KRASKA-MILLER 2013, 102-108, 127-128) connotano come statisticamente differenti ( $p < 0.05$ ) i risultati ottenuti dai metodi esponenziale e quadratico (Fig. 10, 1). Ciò risulta evidente confrontando anche i volumi divisi per classi tipologiche: il test di Kruskal-Wallis non evidenzia come statisticamente differenti ( $p > 0.05$ ) le distribuzioni dei risultati ottenuti dal calcolo del volume delle tazze/ciotole a collo e a profilo arrotondato, sia con il modello esponenziale che con

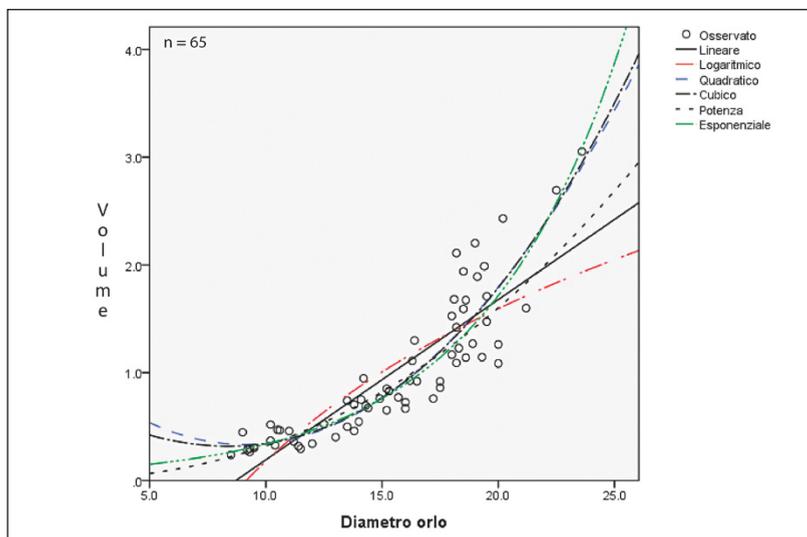


Fig. 8 – Scatterplot con sovrapposizione dei modelli regressivi.

quello basato sulla potenza a differenza dei valori ottenuti, per le stesse classi tipologiche dal modello quadratico ( $p < 0.05$ ), con l'eccezione delle tazze/ciotole carenate, dove è solamente il modello potenza a divergere in maniera statisticamente significativa da quello quadratico ( $p < 0.05$ , Fig. 10, 2).

L'analisi d'insieme, perciò, necessita dell'unione dei dati ricavati dalla misurazione diretta con quelli provenienti dalla regressione. In Fig. 11 i risultati vengono esposti in base al singolo metodo regressivo utilizzato.

#### 4.1 Modello esponenziale

In linea generale le tazze a collo hanno un volume medio di 0,77 litri, con una deviazione standard di 0,63 litri; mentre il 95% di intervallo di confidenza per la media<sup>5</sup> ha come valori estremi 0,56 e 0,99 litri.

Le tazze/ciotole dal profilo arrotondato hanno un volume medio di 0,58 litri con una deviazione standard di 0,36 litri; il 95% dei valori cade tra 0,45 e 0,71 litri. Infine, le tazze/ciotole carenate hanno un volume medio di 0,96 litri con una deviazione standard di 0,61 litri; il 95% dei valori cade tra 0,83 e 1,03 litri.

In particolare, per le tazze a collo bisogna tener conto del fatto che in realtà i valori sono riconducibili a due distribuzioni: tale particolarità è visibile

<sup>5</sup> Considerando la distribuzione come normale, i valori estremi indicano il range entro il quale cade il 95% dei valori.

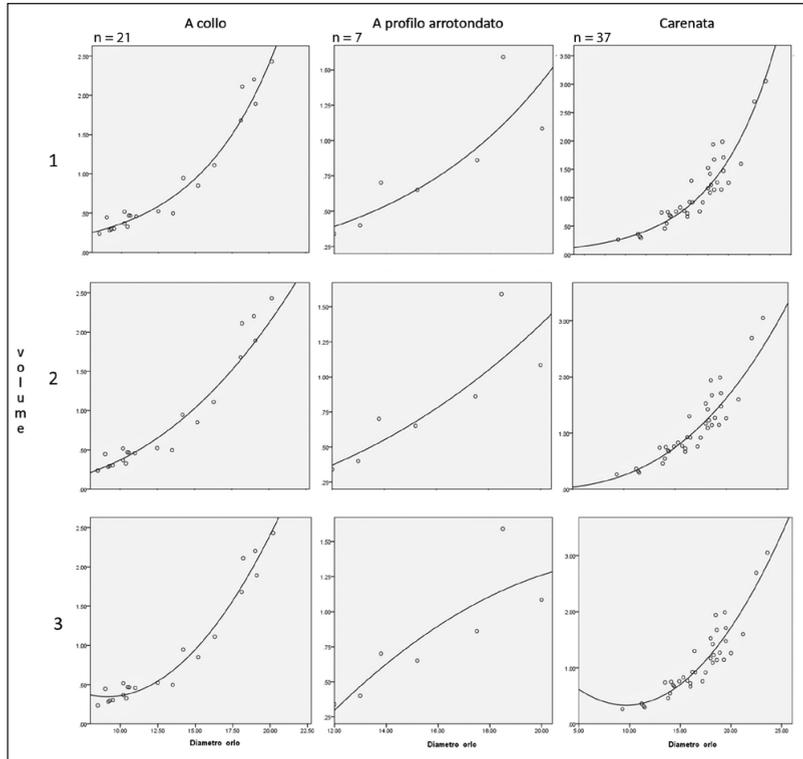


Fig. 9 – Scatterplot con diametro all'imboccatura, volume e retta di regressione per ogni metodo regressivo utilizzato: 1 – Esponenziale; 2 – Potenza; 3 – Quadratico.

*in primis* dall'istogramma (Fig. 11) dove si notano, anche aggiungendo i valori ricavabili dal modello, due distinte distribuzioni. Perciò i dati precedentemente esposti andrebbero così corretti:

- un gruppo di piccole forme a collo che hanno un volume medio di 0,51 litri con una deviazione standard di 0,244 litri; il 95% dei valori cade tra 0,42 e 0,61 litri.
- un gruppo di grandi forme a collo che hanno un volume medio di 2,03 litri con una deviazione standard di 0,266 litri; il 95% dei valori ricade tra 1,75 e 2,31 litri.

#### 4.2 Modello potenza

Anche con questo metodo l'istogramma delle forme a collo evidenzia la presenza di due distinti gruppi. Pertanto si è scelto di dividere le forme come effettuato precedentemente.

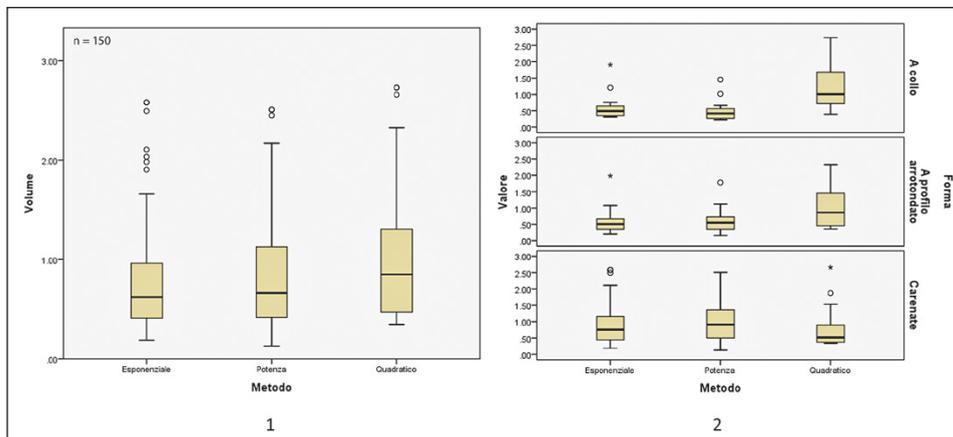


Fig. 10 – Boxplot sui valori del volume ricavati esclusivamente dai modelli regressivi.

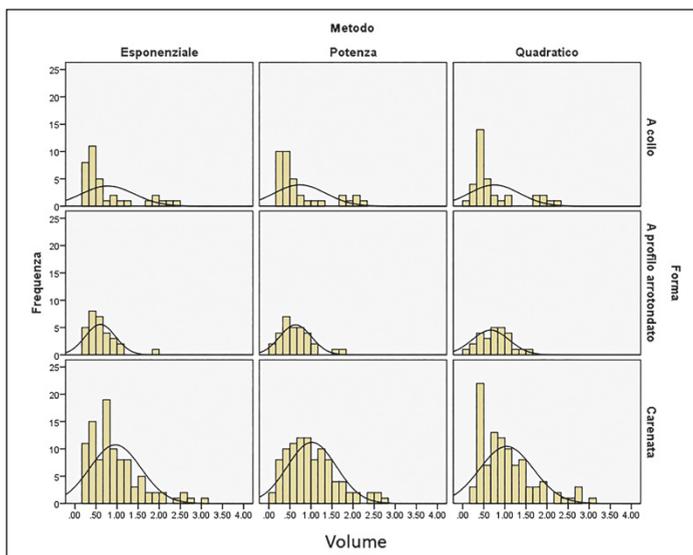


Fig. 11 – Istogrammi che mostrano i dati sul volume (misurazione diretta e modello regressivo).

Le tazze a collo (piccole) hanno un volume medio di 0,51 litri circa, una deviazione standard di 0,28 litri, il 95% dei valori è compreso tra 0,40 e 0,61 litri. Le tazze a collo (grandi) hanno un volume medio di 2,08 litri, una deviazione standard di 0,26 litri, mentre il 95% dei valori è compreso

tra 1,76 e 2,40 litri. Le tazze/ciotole a profilo arrotondato hanno un volume medio di 0,65 litri, una deviazione standard di 0,38 litri e il 95% dei valori è compreso tra 0,50 e 0,79 litri. Le tazze/ciotole carenate hanno un volume medio di 1,02 litri, una deviazione standard di 0,61 litri e il 95% dei valori è compreso tra 0,91 e 1,15 litri.

#### 4.3 Modello quadratico

Le tazze a collo (piccole) hanno un volume medio di 0,51 litri circa, una deviazione standard di 0,23 litri, il 95% dei valori è compreso tra 0,42 e 0,59 litri. Le tazze a collo (grandi) hanno un volume medio di 2,01 litri, una deviazione standard di 0,28 litri, mentre il 95% dei valori è compreso tra 1,72 e 2,31 litri. Le tazze/ciotole a profilo arrotondato hanno un volume medio di 0,65 litri, una deviazione standard di 0,45 litri e il 95% dei valori è compreso tra 0,49 e 0,82 litri. Le tazze/ciotole carenate hanno un volume medio di 1,03 litri, una deviazione standard di 0,63 litri e il 95% dei valori è compreso tra 0,91 e 1,16 litri.

Utilizzando i dati complessivi (misurazione tramite teorema di Pappo-Guldino + metodo regressivo) non sembrano emergere differenze significative, a seconda del metodo regressivo utilizzato, tra i volumi delle varie classi tipologiche (Kruskal-Wallis  $p > 0.05$ : Fig. 12). Come è evidente dagli istogrammi (Fig. 9), le varie distribuzioni non sembrano ricalcare una curva normale, perciò è stato scelto di non impiegare il CV, che utilizza la media come indice di posizione, bensì il coefficiente quartile di dispersione (BONETT 2006) che offre risultati analoghi al CV usando, come indici di posizione, i Quartili (Tab. 6).

Per quanto riguarda la classe delle grandi tazze a collo (cioè quelle con capienza media di circa 2 litri) osserviamo immediatamente che queste presentano un coefficiente di dispersione mediamente inferiore al 10%, soglia che in BLACKMAN *et al.* (1993) esprime il risultato di produzioni standardizzate. Va tuttavia segnalato che il campione riferibile a questa classe è molto esiguo (6 esemplari). Considerando la scarsità del campione e il fatto che l'indice sia notevolmente differente dalle altre classi ceramiche, è molto probabile che questa non sia interessata dal *cumulative blurring*, che senza ombra di dubbio ha condizionato il record archeologico e di conseguenza i dati evidenziati, fattispecie nelle classi tipologiche più numerose. Tuttavia, le forme a collo considerate complessivamente (piccole e grandi) evidenziano un coefficiente di variazione minore rispetto a quello delle forme a profilo arrotondato e carenato. Pertanto, si può dedurre che la produzione delle tazze a collo, diversamente dalle altre due classi considerate, sia tendenzialmente più standardizzata. Va sottolineato, inoltre, che i valori ottenuti per questa classe ceramica con il metodo quadratico si avvicinano alla soglia del 10% proposta da BLACKMAN *et al.* (1993).

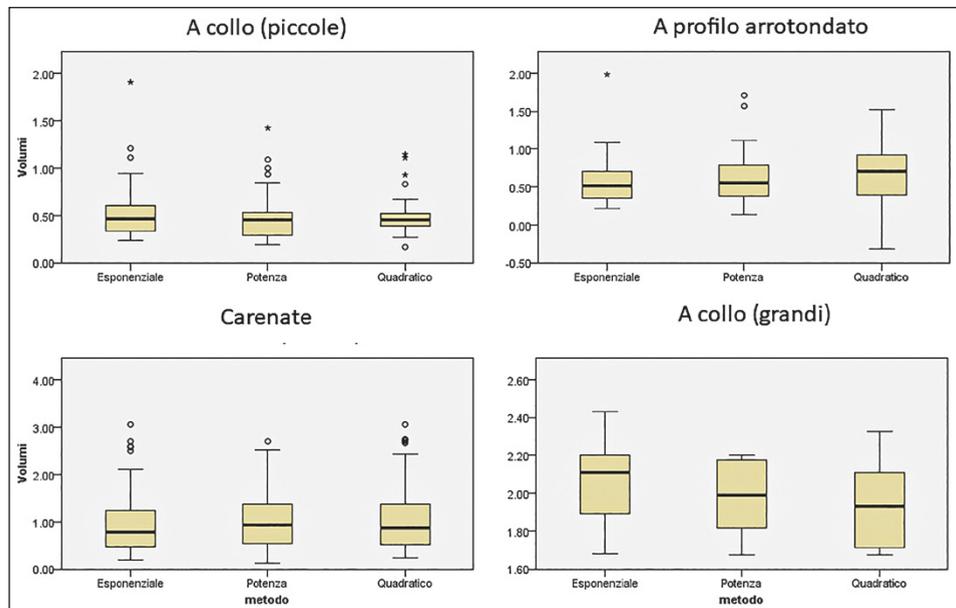


Fig. 12 – Boxplot ricavati unendo i valori del volume provenienti dalla misurazione diretta a quelli calcolati tramite modello regressivo.

Classi	Metodo		
	Esponenziale	Potenza	Quadratico
A collo (piccole)	25,99	28,00	14,47
A profilo arrotondato	32,46	35,93	40,01
Carenate	44,30	42,80	46,11
A collo (grandi)	7,62	8,89	10,51

Tab. 6 – Tabella in cui sono esposti i valori percentuali del coefficiente quartile di dispersione per ogni classe tipologica individuata

Sembra comunque evidente che la classe ceramica delle forme a collo abbia ricoperto un particolare ruolo, probabilmente funzionale, all'interno del contesto archeologico analizzato. Per questo motivo, le capacità risultano essere di fatto maggiormente standardizzate o comunque caratterizzate da una minore dispersione dei valori rispetto alle tazze e ciotole a profilo arrotondato o carenate. Un problema non indifferente come quello del *cumulative blurring* potrebbe essere risolto attraverso la formalizzazione di una tipologia dei materiali (su base morfologica) più stretta e legata alle singole fasi cronologiche dell'insediamento, con l'obiettivo di sottrarsi a un'analisi complessiva di materiali in realtà relativi a usi e cronologie differenti.

## 5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il calcolo dei volumi tramite il teorema di Pappo-Guldino e QGIS si inserisce tra i metodi geometrici bidimensionali (VELASCO FELIPE, CELDRÀN BELTRÀN 2019) condividendone l'immediatezza e la facilità di utilizzo, ma si configura come un metodo piuttosto preciso e veloce, che non necessita di abilità di programmazione e, anzi, è perfettamente utilizzabile con una conoscenza basilare del software. Non va sottovalutato inoltre che il procedimento può essere realizzato tramite un programma open source quale QGIS, un applicativo ben noto e largamente utilizzato in archeologia (si veda ad es. l'utilizzo di pyArchInit: MANDOLESI 2009; MANDOLESI, COCCA 2013; COCCA, MANDOLESI 2016), ma che nel nostro caso viene impiegato in una modalità piuttosto atipica.

In questo articolo si è inoltre tentato, tramite l'utilizzo dei metodi regressivi a scopo predittivo, di calcolare i volumi dei frammenti vascolari il cui stato di conservazione non ne permette la diretta misurazione. Va precisato che l'applicazione di questo metodo non può prescindere da una classificazione tipologica rigorosa che consenta di usufruire di campioni omogenei per morfologia (ad es., sarebbe impossibile ricavare la capacità di un'olla a partire dai valori utilizzati per le tazze).

Tuttavia, se correttamente applicato, il metodo consente di ampliare notevolmente il campione estendendolo anche a quei frammenti di dimensioni ridotte (a patto che il diametro all'imboccatura sia conservato e che siano attribuibili a una classe tipologica ben delineata) che spesso rappresentano la maggioranza dei resti ceramici, specie in contesti abitativi. In questo caso il confronto tra i volumi calcolati esclusivamente tramite regressione predittiva ha evidenziato differenze nei risultati, nello specifico tra i modelli esponenziale e potenza da una parte, e da quello quadratico dall'altra. Diffomità che non sono emerse a livello distributivo inserendo nel confronto anche i volumi calcolati tramite Pappo-Guldino.

Differenze tra i metodi utilizzati sono stati invece riscontrati dalle analisi della standardizzazione mediante il calcolo del coefficiente quartile di dispersione (Tab. 6). I valori pressoché standardizzati delle forme a collo, in particolare quelle "grandi", sembrano contrapporsi ai dati più dispersi relativi alle tazze e ciotole a profilo arrotondato o carenato. Il valore dell'indice di dispersione piuttosto basso relativo alla classe delle tazze a collo andrebbe a suggerire un aspetto verosimilmente funzionale e specifico delle stesse all'interno di un contesto, come quello del Monte Cimino, che presenta anche chiare evidenze di attività culturali (CARDARELLI, TRUCCO 2014).

Considerando che la quasi totalità delle tazze a collo proviene proprio dall'area culturale (Tab. 1) appare probabile che questa particolare classe possa essere legata ad aspetti rituali o conviviali con una diversa funzionalità

al suo interno. La differente capienza fra due gruppi ben distinguibili, uno numericamente maggioritario ma con una capienza minore, e l'altro numericamente più ridotto ma con una capienza tripla o quadrupla rispetto al primo, potrebbe riferirsi ad usi individuali o collettivi. È utile infine sottolineare l'apporto particolarmente utile della statistica non parametrica nell'analisi svolta. Infatti, il campione quantitativamente limitato e la mancata assunzione della normalità da parte del dato archeologico avrebbero portato, applicando i più conosciuti e utilizzati metodi parametrici, a conclusioni errate o mal rappresentative dei dati.

LORENZO CARDARELLI  
Dipartimento di Scienze dell'Antichità  
Sapienza Università di Roma  
lorenzocardarelli2@gmail.com

#### BIBLIOGRAFIA

- ARANGUREN B., PELLEGRINI E., PERAZZI P. 1985, *L'insediamento protostorico di Pitigliano: campagne di scavo 1982-83*, Pitigliano, Comunità montana S. Colline del Fiora.
- ARNOLD P.J. 2000, *Working without a net: Recent trends in ceramic ethnoarchaeology*, «Journal of Archaeological Research», 8, 2, 105-133.
- BARBARO B. 2010, *Insedimenti, aree funerarie ed entità territoriali in Etruria meridionale nel Bronzo finale*, Firenze, All'Insegna del Giglio.
- BARBARO B., CARDARELLI A., DAMIANI I., DI GENNARO F., IALONGO N., SCHIAPPELLI A., TRUCCO F. 2011, *Monte Cimino (Soriano nel Cimino, VT). Un centro fortificato e un complesso culturale dell'età del Bronzo Finale. Rapporto preliminare*, «Scienze dell'Antichità», 17, 613-620.
- BLACKMAN M.J., STEIN G., VANDIVER P.B. 1993, *The standardization hypothesis and ceramic mass production: Technological, compositional, and metric indexes of craft specialization at Tell Leilan, Syria*, «American Antiquity», 58, 1, 60-80.
- BONETT D.G. 2006, *Confidence interval for a coefficient of quartile variation*, «Computational Statistics & Data Analysis», 50, 11, 2953-2957.
- CARDARELLI A., TRUCCO F. 2014, *Monte Cimino: abitato fortificato e centro cerimoniale di sommità nell'Etruria protostorica alle soglie della svolta protourbana*, in L. MERCURI, R. ZACCAGNINI (eds.), *Etruria in Progress, la ricerca archeologica in Etruria meridionale*, Roma, Gangemi, 30-36.
- CASTILLO TEJERO N., LITVAK J. 1968, *Un sistema de estudio para formas de vasijas*, Città del Messico, Departamento de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- COCCA E., MANDOLESI L. 2016, *Analisi statistiche e geostatistiche con PyArchInit: prima sperimentazione*, in P. BASSO, A. CARAVALE, P. GROSSI (eds.), *ARCHEOFOSS. Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IX Workshop (Verona 2014)*, «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 8, 132-140.
- D'ERCOLE V. 1998, *Poggio della Pozza: Allumiere. Campagna di scavo 1994*, in N. NEGRONI CATACCHIO (ed.), *Preistoria e Protostoria in Etruria. Atti del terzo incontro di studi (Manciano-Farnese 1995)*, Firenze, Octavo, 181-192.
- D'ERCOLE V., TRUCCO F. 1995, *Nuove acquisizioni sulla protostoria dell'Etruria meridionale*, in N. CHRISTIE (ed.), *Papers of the 5<sup>th</sup> Conference of Italian Archaeology*, Oxford, Oxbow, 341-352.
- DRENNAN D.R. 2009, *Statistics for Archaeologists: A Commonsense Approach*, Springer US.

- EERKENS J.W., BETTINGER R.L. 2001, *Techniques for assessing standardization in artifact assemblages: Can we scale material variability?*, «American Antiquity», 66, 3, 493-504.
- ERICSON J., STICKEL E.G. 1973, *A proposed classification system for ceramics*, «World Archaeology», 4, 3, 357-367.
- GIEROW P.G. 1984, *Le fasi protostoriche: dal Neolitico al Bronzo recente in San Giovenale*, in S. FORSBERG, B.E. THOMASSON (eds.), *San Giovenale: Materiali e problemi. Atti del Simposio all'Istituto Svedese di Studi Classici* (Roma 1983), Stockholm, Astrom, 17-36.
- GOODMAN A., GOODMAN G. 1969, *Generalizations of the theorems of Pappus*, «The American Mathematical Monthly», 76, 4, 355-366.
- HELLSTRÖM P. 1975, *The Zone of the Large Iron Age Building*, «Acta Instituti Romani Regni Sueciae», 27 (Luni sul Mignone), II, 2.
- JOHNSON G.A. 1973, *Local Exchange and Early State Development in Southwestern Iran* (*Anthropological Papers No. 51*), Ann Arbor, Museum of Anthropology, University of Michigan.
- KARASIK A., SMILANSKI U. 2006, *Computation of the capacity of pottery vessels based on drawn profiles* (Appendix 1A to chapter 12), in A. MAZAR (ed.), *Excavations at Tel Beth Shean 1989-1996, I*, Jerusalem, Israel Exploration Society and the Hebrew University, 392-394.
- KRASKA-MILLER M. 2013, *Nonparametric Statistics for Social and Behavioral Sciences*, CRC Press.
- KVAMME K.L., STARK M.T., LONGACRE W.A. 1996, *Alternative procedures for assessing standardization in ceramic assemblages*, «American Antiquity», 61, 1, 116-126.
- LEVI S. 2010, *Dal coccio al vasaio. Manifattura, tecnologia e classificazione della ceramica*, Bologna, Zanichelli.
- MANDOLESI A. 1999, *La prima Tarquinia. L'insediamento protostorico sulla Civita e nel territorio circostante*, Firenze, All'Insegna del Giglio.
- MANDOLESI L. 2009, *PyArchInit-python, QGIS e PostgreSQL per la gestione dei dati di scavo*, in P. CIGNONI, A. PALOMBINI, S. PESCARIN (eds.), *ARCHEOFOSS. Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop* (Roma 2009), «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 2, 209-222.
- MANDOLESI L., COCCA E. 2013, *Pyarchinit: gli sviluppi dopo ArcheoFOSS 2009*, in M. SERLORENZI (ed.), *ArcheoFOSS. Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del VII Workshop* (Roma 2012), «Archeologia e Calcolatori», Suppl. 4, 128-138.
- MILOGLAV I. 2013, *A model of ceramic production, specialization and standardization of ceramic assemblages on the basis of two sites of the Vučedol culture in eastern Croatia*, «Anthropologie», 51, 2, 195-211.
- Mostra Nova 1981, N. NEGRONI CATAACCHIO (ed.), *Sorgenti della Nova. Una comunità protostorica e il suo territorio in Etruria meridionale*, Catalogo della Mostra, Roma, CNR.
- NELSON B. 1985, *Reconstructing ceramic vessels and their systemic contexts*, in B. NELSON (ed.), *Decoding Prehistoric Ceramics*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 310-329.
- PACCIARELLI M. 2000, *Dal villaggio alla città. La svolta protourbana del 1000 a.C. nell'Italia tirrenica*, Firenze, All'Insegna del Giglio.
- PERONI R. 1994, *Introduzione alla protostoria italiana*, Roma-Bari, Laterza.
- POGGIANI KELLER R., CHIESA S., MARTINI F. 1999, *Scarceta di Manciano (GR): un centro abitativo e artigianale dell'età del Bronzo sulle rive del Fiora*, Catalogo della Mostra, Pitigliano, Editrice Laurum.
- POGGIANI KELLER R., FIGURA P. 1979, *I tumuli di Crostoletto di Lamone (prov. di Viterbo): nuovi risultati e precisazioni*, in *Atti della XXI Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* (Firenze 1977), Firenze, Istituto italiano di Preistoria e Protostoria, 346-381.
- POHL I. 1977, *San Giovenale, The Iron Age Habitations in Area E*, «Acta Instituti Romani Regni Sueciae», 32, III, 3.
- POTTER T.W. 1976, *A Faliscan Town in South Etruria*, Rome, British School at Rome.

- RICE P. 1987, *Pottery Analysis*, Chicago, University of Chicago Press.
- RICE P. 1989, *Ceramic diversity, production, and use*, in R.D. LEONARD, G.T. JONES (eds.), *Quantifying Diversity in Archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press, 109-117.
- RICE P. 1996, *Recent ceramic analysis: 2. Composition, production and theory*, «Journal of Archaeological Research», 4, 3, 165-202.
- SÁNCHEZ CLIMENT A., CERDEÑO SERRANO M.L. 2014, *Propuesta metodológica para el estudio volumétrico de cerámica arqueológica a través de programas free-software de edición 3D: el caso de la necrópolis celtibérica del área meseteña*, «Virtual Archaeology Review», 5, 11, 20-33.
- SENIOR L.M., BIRNIE, D.P. 1995, *Accurately estimating vessel volume from profile illustrations*, «American Antiquity», 60, 2, 319-334.
- SHEPARD A.O. 1956, *Ceramics for the Archaeologist*, Washington, Carnegie Institution.
- SMITH M.F. 1983, *The Study of Ceramic Function from Artifact Size and Shape*, Ph.D. Dissertation, Ann Arbor, University of Oregon.
- SMITH M.F. 1985, *Toward an economic interpretation of ceramics: Relating vessel size and shape to use*, in B. NELSON (ed.), *Decoding Prehistoric Ceramics*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 254-309.
- SOPENAVICIÉN M.C. 2006, *La investigación arqueológica a partir del dibujo informatizado de cerámica*, «Saldvie: Estudios de prehistoria y arqueología», 6, 13-27.
- STARK M.T. 1991, *Ceramic production and community specialization: A Kalinga ethnoarchaeological study*, «World Archaeology», 23, 1, 64-78.
- THALMANN J.P. 2007, *A seldom used parameter in pottery studies: The capacity of pottery vessels to use*, in M. BIETAK, E. CZERNY (eds.), *The Synchronization of Civilizations in the Eastern Mediterranean in the Second Millenium B.C. III*, Vienna, Österreichische Akademie der Wissenschaften, 431-438.
- VANPOOL T.L., LEONARD R.D. 2011, *Quantitative Analysis in Archaeology*, Wiley-Blackwell.
- VELASCO FELIPE C., CELDRÀN BELTRÀN E. 2019, *Towards an optimal method for estimating vessel capacity in large samples*, «Journal of Archaeological Science: Reports», 1-12.
- WIESELGREN T. 1969, *The Iron Age Settlement on the Acropolis*, «Acta Instituti Romani Regni Sueciae», 27 (Luni sul Mignone), II, 1.
- ZANINI A. 1993, *Evidenze della fine dell'età del Bronzo sull'acropoli A delle Sparne-Poggio Buco, Pitigliano (GR). Nota preliminare*, in N. NEGRONI CATACCHIO (ed.), *Preistoria e protostoria in Etruria. Atti del primo incontro di studi (Saturnia, Manciano-Farnese 1991)*, I, Milano, 363-372.
- ZANINI A., SETTI B. 1998, *L'acropoli A delle Sparne nella protostoria. Vita e riti di una comunità protostorica della valle del fiume Fiora*, «Rivista di Scienze Preistoriche», 49, 499-522.
- ZAPASSKY E., FINKELSTEIN I., BENENSON I. 2006, *Ancient standards of volume: Negevite Iron Age pottery as a case study in 3D modelling*, «Journal of Archaeological Science», 1734-1743.
- ZAPASSKY E., FINKELSTEIN I., BENENSON I. 2009, *Computing abilities in antiquity: The Royal Judahite storage jars as a case-study*, «Journal of Archaeological Method and Theory», 16, 1, 51-67.

## ABSTRACT

The volume of ceramic vessels provides several information about their use. However, due to the fragmentation of pottery coming from settlement sites, data concerning the volume are rarely published. The first goal of this paper is presenting a new method to calculate the volume starting from the archaeological drawings. The dataset could be extended with a predictive regression analysis. The sample analyzed involves cups and bowls found on the top of Monte Cimino (Viterbo-Italy), a settlement and cult site dated to the Final Bronze Age (ca. 1150-950/925 BC).