

Ministero per i Beni Culturali e Ambientali
Soprintendenza Archeologica per il Lazio

Casale del Dolce

Ambiente, economia e cultura di una
comunità preistorica della Valle del Sacco

a cura di Annalisa Zarattini e Lorenzo Petrassi

Roma 1997

Questo volume è stato realizzato grazie al contributo di:

TAV Treno Alta Velocità

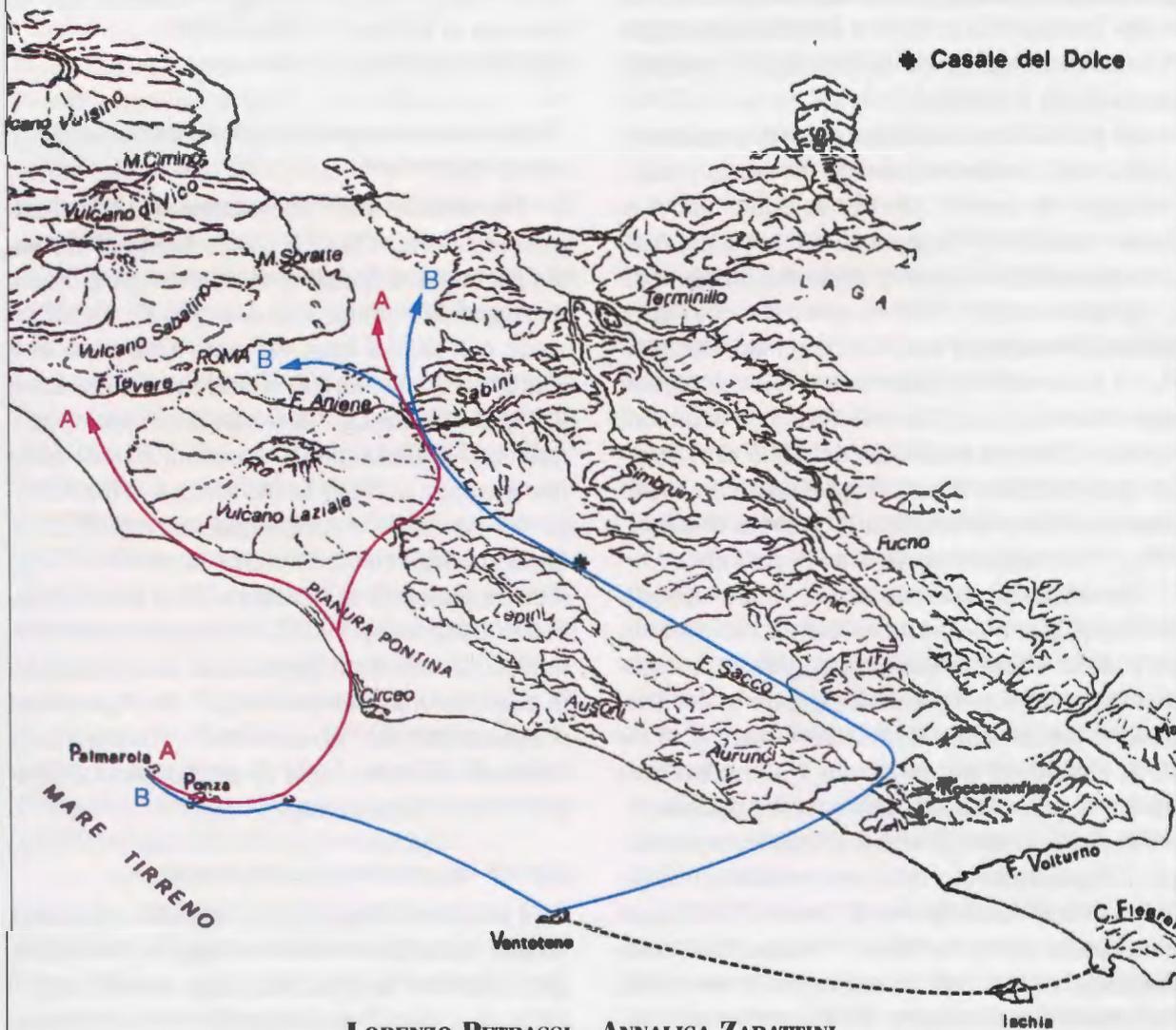
PEGASO S.c.r.l.

Consortile tra Ansaldo Trasporti S.p.A. - Astaldi Società per Azioni - Consorzio Cooperative Costruzioni

INDICE

- 11 ANAGNI TRA CONOSCENZA E VALORIZZAZIONE
Sandra Gatti
- 27 RICOSTRUZIONE PALEOGEOGRAFICA DELL'AREA DI CASALE DEL DOLCE PRIMA
DELL'INSEDIAMENTO UMANO
Antonella Molinaro, Umberto Nicosia, Vincenzo Pisano
(con un contributo di Salvatore Improta)
- 59 LO SCAVO DELLE AREE A, B, D, E
Federico Bistolfi, Italo Muntoni
(con un contributo di Paolo Marcassa)
- 161 CANALI, FOSSE E SUPERFICI DI FREQUENTAZIONE NEOLITICI DELL'AREA C. SEQUENZA
PRELIMINARE E ASPETTI FUNZIONALI
Stefano Pracchia
- 191 IL VALORE DELL'OSSIDIANA E LE VIE TERRESTRI. IPOTESI DOPO I PRIMI RISULTATI
DELLA FLUORESCENZA AI RAGGI X
Lorenzo Petrassi, Annalisa Zarattini
- 209 I RESTI SCHELETRICI UMANI DELLA NECROPOLI PREISTORICA
Alfredo Coppa, Pier Paolo Petrone, Mauro Rubini, Rita Vargiu, Luigi Bernardi, Andrea
Cucina, Luciano Fattore, Michaela Lucci, Domenico Mancinelli, Elena Papagiannopoulou,
Carla Signoretti
- 227 ANALISI DEI RESTI OSSEI FAUNISTICI DI UNA STRUTTURA NEOLITICA (FOSSA 116)
DELL'AREA E
Antonio Tagliacozzo, Ivana Fiore
- 249 I REPERTI OSTEOLOGICI ANIMALI DELLE TOMBE 1 E 8 (AREA A) E 4 (AREA C) DELLA
NECROPOLI ENEOLITICA: IL CONTRIBUTO DELLA TAFONOMIA
Ivana Fiore, Antonio Tagliacozzo
- 273 ANALISI PRELIMINARE DEI MACRORESTI VEGETALI
Sylvie Coubray
- 287 IL SITO NEL QUADRO NELLE CULTURE NEOLITICHE ED ENEOLITICHE
DELL'ITALIA CENTRALE
Alessandra Manfredini
- 301 LA FUNZIONE MUSEOGRAFICA DEI CALCHI DI ARCHEOSUPERFICI
Cristina Cilli, Antonella Aimar, Giacomo Giacobini
- 307 RIFLESSIONI PER UN'ALTRA ARCHEOLOGIA
Maurizio Tosi
- 311 RIASSUNTO
- 315 ABSTRACT

Il valore dell'ossidiana e le vie terrestri. Ipotesi dopo i primi risultati della fluorescenza ai raggi X



LORENZO PETRASSI - ANNALISA ZARATTINI

Le analisi degli elementi in traccia effettuate su campioni di ossidiane "archeologiche" e su campioni prelevati direttamente nelle varie fonti mediterranee sembrano conoscere, negli ultimi due anni, nuovi interessi e nuovi tentativi di confronto sia tra diverse metodologie che tra diversi laboratori. (Ammerman *et alii* 1990; Bigazzi *et alii* 1992; Ammerman, Polglase 1993, 1997; Randle, Barfield, Bagolini 1993; Tykot 1997).

Sino ad allora, al contrario, si notava una sorta di "pausa di riflessione" che, come, ironicamente sottolinea Williams-Thorpe (1995: 235), dopo momenti iniziali di entusiasmo dovuti alle attribuzioni di base, il semplice occuparsi di colmare i vuoti («*fill in the gaps*»), risultava molto meno eccitante.

In più, a far accantonare momentaneamente questi studi, concorrevano sia un maggior interesse per gli aspetti ambientali e biochimici in genere sia, forse, l'esigenza di un generale riordino dei dati, dal punto di vista dell'omogeneità e dell'attendibilità, prima di avviarsi verso nuove ipotesi di studio, di lavoro e, in particolare, prima di più avanzate elaborazioni. Sintomatico di questa necessità di generale revisione di metodi e prospettive, è il contributo del 1985 di V. Francaviglia nel quale forse si rappresenta nel modo più chiaro la problematica, il "rumore di fondo" che accompagnava questo tipo di ricerche.

Se abbiamo correttamente "letto" questa esigenza, non possiamo che trovarci in accordo ed è dalla sintonia con questo genere di argomenti che deriva la scelta di dividere in due fasi distinte e successive il contributo relativo al sito in esame. In questo primo volume trovano spazio la presentazione generale dei dati disponibili al momento (lo scavo è da poco terminato), l'inquadramento delle problematiche che si delineano e varie ipotesi di lavoro, formulate quasi come semplice elenco. Nel secondo volume sarà la volta dell'avanzamento dello studio, delle verifiche incrociate, delle attribuzioni cronologiche di dettaglio e delle elaborazioni conclusive.

Date le disponibilità di tempo, a oggi sono state effettuate analisi su 35 campioni di ossidiana, scelti casualmente nell'ambito delle cen-

tinaia rinvenute durante la campagna di scavo; la tecnica applicata è quella della fluorescenza ai raggi X, tecnica che ha consentito di non distruggere i reperti in questo primo esame.

Nel prosieguo dei lavori su un significativo numero di manufatti, è prevista anche l'applicazione di tecniche di analisi per attivazione neutronica (NAA-Neutron Activation Analysis).

Ogni campione è stato preparato e analizzato presso il Northwest Research Obsidian Studies Laboratory con il numero di identificativo: RO-96-5'.

METODI DI ANALISI

Fluorescenza ai raggi X e studi sulla caratterizzazione

Per definire le caratteristiche dei vetri di origine vulcanica, si fa ricorso allo studio di una vasta gamma di requisiti di carattere fisico, ottico, petrografico e chimico. Ciononostante, l'utilizzazione dell'analisi degli elementi in traccia ci è sembrato il sistema più efficace per individuare le "impronte digitali" delle fonti di approvvigionamento dell'ossidiana. I metodi basati sulla fluorescenza ai raggi X, che evitano la distruzione del campione e forniscono una misurazione accurata degli elementi in traccia presenti, sono stati ampiamente utilizzati a questo scopo (Harbottle 1982; Rapp 1985). La maggior parte delle fonti di ossidiana presentano caratteristiche di notevole omogeneità per quel che riguarda la composizione dei loro elementi in traccia, ma la diversità esistente è tale da consentire di distinguere ogni singola fonte.

Modelli di preparazione dei campioni

I campioni di ossidiana destinati agli esami basati sulla fluorescenza a raggi X consistono generalmente in manufatti puliti (è sufficiente il lavaggio), aventi una superficie relativamente piana che misuri almeno 10 mm di diametro e abbia uno spessore non inferiore a 1,5 mm. Campioni di dimensioni più ridotte (7-10 mm di diametro e 0,5-1,0 mm di spessore) possono essere di fatto sottoposti ad analisi, ma determi-

nano una distorsione dei valori degli elementi in traccia che impedisce di considerare tipologicamente affidabili le loro caratteristiche.

La circostanza vale soprattutto per aree in cui ci si trovi alle prese con modelli di sfruttamento delle fonti particolarmente articolati.

Metodi di analisi.

L'analisi dei campioni è stata effettuata servendosi di un spettrometro a fluorescenza a raggi X con dispersione di energia Spectrace 5000. Il sistema è provvisto di un *Si (Li) detector* avente una risoluzione di 155 eV FWHM per 5,9 keV raggi X (a 1000 impulsi al secondo) in una area di 30 mm². Un processore a impulsi a tempo variabile amplifica e filtra i segnali emessi dallo spettrometro e li invia a un convertitore analogico/digitale di tipo Wilkinson a 100 MHz. Il tubo per raggi X impiegato è del tipo Bremsstrahlung, con bersaglio al rodio e finestra da 5 mil Be. Il tubo viene alimentato con una potenza ad alto voltaggio di 50 kV 1 mA, capace di fornire un voltaggio oscillante fra i 4 e i 50 kV.

I principi dei metodi di analisi basati sulla fluorescenza a raggi X sono stati esaminati in dettaglio da Norrish e Chappel (1967), Pots e Webb (1992) e Williams (1987).

Il tubo per raggi X viene fatto funzionare a 30 kV, 0,30 mA (a impulsi) con un filtro al palladio (Pd) da 1,127 mm per l'analisi degli elementi di zinco (Zn), torio (Th), rubidio (Rb), stronzio (Sr), ittrio (Y), zirconio (Zr) e niobio (Nb). Le linee analitiche impiegate sono Zn (K-alpha), Pb (L-alpha), Th (L-alpha), Rb (K-alpha), Sr (K-alpha), Y (K-alpha), Zr (K-alpha) e Nb (K-alpha). I campioni vengono esaminati per un tempo vita di 200 secondi in un percorso ad aria.

Le intensità di picco degli elementi suddetti vengono calcolate come rapporti al picco di dispersione Compton del rodio e convertite in parti per milione (ppm) dal peso adottando le regressioni lineari derivate dall'analisi di venti campioni di roccia eseguite dall'U.S. Geological Survey, dal Geological Survey of Japan e dal National Bureau of Standards (USA). L'*analyte* con il rapporto del picco di dispersione Compton viene utilizzata per correggere variazioni nelle di-

mensioni del campione, irregolarità della superficie e variazioni nella matrice del campione.

Il tubo per raggi X viene fatto funzionare a 12 kV, 0,27 mA (a impulsi) con un filtro all'alluminio da 0,127 mm per l'analisi degli elementi di titanio (Ti), manganese (Mn) e ferro (Fe₂O₃^T). I campioni vengono esaminati per un tempo vita di 200 secondi in un percorso sottovuoto. Le linee analitiche impiegate sono Ti (K-alpha), Mn (K-alpha) e Fe (K-alpha).

I valori delle concentrazioni (parti per milione per titanio e manganese, peso percentuale per il ferro) vengono calcolati servendosi delle regressioni lineari derivate dall'analisi di tredici campioni eseguite dall'U.S. Geological Survey, dal Geological Survey of Japan e dal National Bureau of Standards (USA). In ogni caso, questi valori *non* sono corretti rispetto al picco di dispersione Compton o altre aree di dispersione e perciò raccomandiamo di tenerne conto soltanto in qualità di concentrazioni approssimative. I rapporti di picco ferro/titanio (Fe/Ti) e ferro/manganese (Fe/Mn) vengono forniti per essere impiegati come valori corretti.

È bene richiamare l'attenzione sul fatto che, come già detto, i valori di concentrazione di titanio, manganese e ferro (ovvero parti per milione di titanio e manganese e peso percentuale di ferro), non sono stati corretti rispetto al picco di dispersione Compton o ad altri parametri di dispersione e hanno perciò determinato valori degli elementi in traccia più bassi del normale per piccoli campioni che hanno dimensioni inferiori a quelle considerate minime necessarie. L'assenza di un quadro spettroscopico di riferimento si traduce altresì nel fatto che questi valori sono soggetti a errori causati dagli effetti della matrice.

Per bilanciare questi effetti i rapporti di picco ferro/manganese e ferro/titanio vengono forniti come valori corretti. In ciascun rapporto, l'assegnazione alle diverse fonti si basa su questi rapporti e non sui valori assoluti di concentrazione così da garantire la possibilità di comparazione fra campioni di dimensioni diverse.

Il tubo per raggi X viene fatto funzionare a 50 kV, 0,25 mA con un filtro al rame da 0,63 mm

nel percorso dei raggi per l'analisi degli elementi di bario (Ba), lantanio (La) e cerio (Ce). Le linee analitiche impiegate sono Ba (K-alpha), La (K-alpha) e Ce (K-alpha). I campioni vengono esaminati per un tempo vita che va dai 100 ai 600 secondi in un percorso in presenza d'aria, a seconda della concentrazione di elementi in traccia. I valori dell'intensità degli elementi in traccia vengono calcolati secondo rapporti calcolati in funzione della regione Bremsstrahlung fra 25,0 e 30,98 keV e convertiti in parti per milione attraverso il peso utilizzando una sequenza polinomica ricavata dalle analisi di sedici campioni di roccia eseguite dall'U.S. Geological Survey e dal Geological Survey of Japan. È importante tenere presente che la regione Bremsstrahlung è in grado di calibrare soltanto la massa del campione e non ha effetto matrice.

Tutti i campioni vengono esaminati come se si trattasse di rocce che non hanno subito alcuna alterazione.

Gli errori segnalati nel resoconto si riferiscono unicamente alle possibili incertezze occorse durante il conteggio e la preparazione e non si riferiscono alla precisione degli strumenti o agli effetti legati all'analisi dell'ossidiana non alterata. Ove questi ultimi effetti siano stati presi in considerazione, si è stimato che il relativo tasso d'errore oscilla fra il 3 e il 5%.

Negli studi tradizionali sugli elementi in traccia condotti mediante l'impiego della fluorescenza a raggi X, prima dell'analisi i campioni vengono trattati con polveri e sottoposti a pelletizzazione (Norrish, Chappel 1967; Potts, Webb 1992). Teoricamente, l'irregolarità della superficie della maggior parte dei manufatti dovrebbe causare problemi di misurazione originati dagli spostamenti della geometria delle riflessioni fra manufatto e detector (Hughes 1986: 35). I primi esperimenti condotti su schegge di ossidiana intatte, prima da Robert N. Jack e poi da Richard Hughes, dimostrano tuttavia che i risultati analitici ottenuti da superfici lenticolari o biconvesse di ossidiana sono paragonabili a quelli ricavati da superfici piane e da aggregati di polveri pressate, spalancando le porte alla messa a punto di analisi non distruttive di ma-

nufatti vetrosi (Hughes 1986: 35-37; Jack 1976). È stato osservato che le dimensioni minime ottimali per le analisi sono pari a circa 10 mm di diametro e 1,5-2,0 mm di spessore. Studi sperimentali successivamente condotti da Shackley e Hampel (1993), impiegando campioni aventi geometrie caratterizzate da superfici piane e leggermente irregolari hanno confermato le prime osservazioni di Hughes.

Durante un esperimento di questo genere, Jackson e Hampel (1993) hanno potuto stabilire che, per ottenere risultati attendibili, le dimensioni minime del manufatto dovrebbero equivalere a circa 10 mm di diametro e 1,5 mm di spessore. È stato raggiunto un soddisfacente parametro comune fra i valori dello standard adottato dallo U.S. Geological Survey (RGM-1, ossidiana delle Glass Mountain) e i campioni di ossidiana impiegati nel corso degli esperimenti, stabilendo che lo spessore risulta accettabile anche aumentando il suo valore da 1 a 3 mm.

Correlazione fra manufatti e fonti geologiche

I valori degli elementi in traccia impiegati per la caratterizzazione dei campioni sono stati comparati direttamente a quelli delle fonti di ossidiana conosciute e a quelli pubblicati nella letteratura esistente in materia (Skinner 1997); un ulteriore confronto è stato effettuato con dati relativi a elementi in traccia non pubblicati e raccolti in occasione dell'analisi di campioni di fonti geologiche. Nella ricerca che è in corso, i manufatti provenienti dall'insediamento di Casale del Dolce sono stati messi a confronto con il materiale di laboratorio relativo a varie fonti dell'area mediterranea e vicino-orientale, tra cui Pantelleria, Lipari, Palmarola e Sardegna (Monte Arci).

I manufatti possono essere associati a una fonte di ossidiana o a un gruppo di fonti chimiche se i valori diagnostici degli elementi in traccia rientrano fra due deviazioni standard dell'incertezza analitica rispetto al limite massimo e al limite minimo della variabilità registrata per la fonte in questione. In alcuni casi l'assegnazione all'una o all'altra fonte basata sulle analisi eseguite è stata integrata con osservazioni empiri-

che, anche se la determinazione della fonte d'origine non si è mai basata unicamente sull'esame delle caratteristiche megascopiche.

In questo resoconto si intendono per elementi in traccia diagnostici quelle cospicue quantità di indicatori che provano una bassa variazione e incertezza fra le fonti unitamente alla intellegibilità della variabilità esistente.

Questo criterio si applica inoltre agli elementi analizzati ad alta precisione e bassa incertezza analitica con l'impiego della fluorescenza a raggi X. In breve, gli elementi diagnostici sono quelli in grado di permettere la miglior distinzione geochimica possibile fra le fonti. Di solito, gli elementi in traccia si riferiscono a quegli elementi che in un campione sono presenti in quantità inferiori alle 1000 parti per milione. In questo resoconto, per maggiore chiarezza, il termine è stato impiegato con maggiori

e minori elementi, quali il ferro il titanio e il manganese, che possono essere presenti in quantità talvolta più consistenti.

Gli studi geochimici condotti sull'ossidiana recuperata nei siti archeologici italiani e provenienti dalle fonti più comunemente sfruttate indicano che molti elementi in traccia (tra i quali sono compresi gli elementi presi in considerazione nel corso di questa indagine) risultano sufficienti per operare una distinzione tra le diverse fonti (Cann, Renfrew 1964; Gale 1981; Bigazzi *et alii* 1986; Williams-Thorpe 1995; Tykot 1997).

RISULTATI DELLE ANALISI

Per i 35 manufatti in ossidiana provenienti dall'insediamento di Casale del Dolce sono stati identificati tre gruppi di fonti geochimiche, tutti

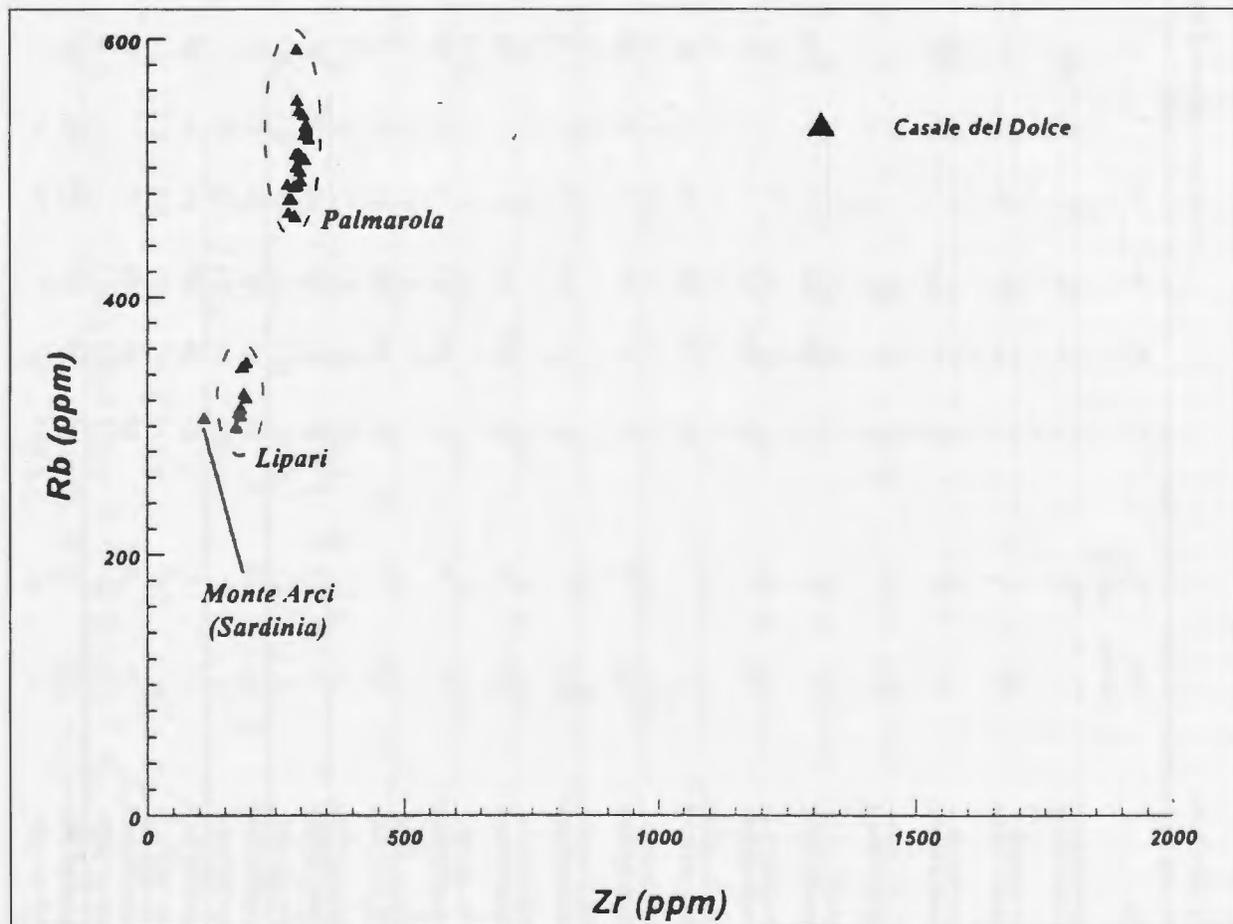


Fig. 97 - Grafico della concentrazione di zirconio (Zr) e rubidio (Rb) dei manufatti analizzati provenienti da Casale del Dolce.

Sito	Num. campione	Num. catalogo	Concentrazioni degli elementi in traccia											Rapporti		Fonte manufatto/ Tipo chimico
			Zn	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ti	Mn	Ba	Fe ₂ O ₃ ^r	Fe:Mn	Fe:Ti	
Casale del Dolce	1	1	82	46	346	18	46	185	35	276	269	NM	0.89	36.0	102.6	Lipari
			± 8	5	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	2	2	129	36	307	32	45	109	54	311	243	NM	0.67	31.8	71.8	Monte Arci (Sardegna)
			± 8	5	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	3	3	68	60	512	10	58	294	65	260	253	NM	0.63	28.3	79.2	Palmarola
			± 8	5	5	9	4	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	4	4	77	45	311	19	43	177	31	527	231	NM	0.86	42.2	54.1	Lipari
			± 9	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	5	5	55	68	526	9	65	304	72	476	481	NM	1.47	29.5	97.7	Palmarola
			± 7	4	4	9	3	8	2	95	48	NM	0.11			
Casale del Dolce	6	6	81	64	553	12	64	291	70	524	368	NM	1.07	29.5	66.0	Palmarola
			± 8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	7	7	90	41	346	20	49	182	36	330	215	NM	0.63	34.8	63.9	Lipari
			± 9	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	8	8	78	72	545	9	62	294	71	374	303	NM	0.81	28.8	71.0	Palmarola
			± 9	5	5	9	4	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	9	9	62	62	488	10	61	273	68	407	391	NM	1.13	28.9	88.4	Palmarola
			± 8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	10	10	78	48	350	21	47	192	38	351	281	NM	0.92	35.1	84.3	Lipari
			± 8	5	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	11	11	73	70	534	9	68	309	69	771	457	NM	1.57	33.2	65.1	Palmarola
			± 7	4	4	9	3	8	2	96	48	NM	0.11			
Casale del Dolce	12	12	75	36	300	19	44	172	38	154	176	NM	0.45	33.8	96.2	Lipari
			± 9	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	13	13	75	67	542	10	58	303	72	548	414	NM	1.26	30.2	74.0	Palmarola
			± 8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	14	14	55	62	487	14	63	292	66	679	465	NM	1.52	31.5	71.2	Palmarola
			± 7	4	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	15	15	79	56	533	9	60	306	64	472	318	NM	0.94	30.9	64.7	Palmarola
			± 8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	16	16	64	46	309	19	47	181	37	315	356	NM	1.25	35.5	124.1	Lipari
			± 7	4	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	17	17	90	63	511	12	59	288	78	599	391	NM	1.24	31.6	66.6	Palmarola
			± 8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			

Casale del Dolce	18	18		101	63	530	14	66	311	73	536	327	NM	0.92	29.5	56.4	Palmarola
			±	8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	19	19		97	63	466	9	57	275	64	483	268	NM	0.77	31.6	52.8	Palmarola
			±	8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	20	20		71	46	323	23	52	191	37	246	211	NM	0.73	40.5	95.6	Lipari
			±	8	5	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	21	21		55	59	463	7	59	288	62	314	211	NM	0.58	33.3	62.4	Palmarola
			±	9	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	22	22		61	64	510	8	63	298	66	614	395	NM	1.34	33.8	70.2	Palmarola
			±	8	4	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	23	23		60	56	476	11	60	281	70	801	357	NM	1.29	36.5	52.3	Palmarola
			±	8	4	4	9	3	8	2	96	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	24	24		79	66	529	10	67	308	72	758	388	NM	1.32	33.8	56.1	Palmarola
			±	8	5	5	9	3	8	2	96	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	25	25		89	58	509	11	59	300	67	418	179	NM	0.52	37.1	43.1	Palmarola
			±	9	5	6	9	4	9	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	26	26		81	59	507	13	62	306	73	1891	603	NM	2.37	36.3	39.9	Palmarola
			±	7	4	4	9	3	8	2	97	48	NM	0.11			
Casale del Dolce	27	27		62	45	315	18	48	180	38	610	377	NM	1.50	39.4	78.1	Lipari
			±	7	4	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	38	38		60	54	476	10	62	275	63	463	339	NM	1.02	31.2	71.4	Palmarola
			±	8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	39	39		62	66	523	10	63	314	72	275	296	NM	0.79	28.7	92.2	Palmarola
			±	8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	40	40		60	57	498	11	59	297	72	561	451	NM	1.35	29.2	76.7	Palmarola
			±	7	4	4	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	41	41		77	46	326	20	51	187	35	724	418	NM	1.81	41.9	79.0	Lipari
			±	7	4	4	9	3	8	2	96	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	42	42		46	64	486	11	60	286	70	495	525	NM	1.55	28.2	99.0	Palmarola
			±	7	4	4	9	3	8	2	95	48	NM	0.11			
Casale del Dolce	43	43		69	55	491	9	59	298	69	564	322	NM	1.04	33.6	60.1	Palmarola
			±	8	5	5	9	3	8	2	95	47	NM	0.11			
Casale del Dolce	44	44		54	63	501	12	62	289	64	830	538	NM	1.77	31.1	67.8	Palmarola
			±	7	4	4	9	3	8	2	96	48	NM	0.11			
Casale del Dolce	45	45		52	59	593	10	59	290	65	1082	434	NM	1.63	36.5	48.5	Palmarola
			±	8	4	5	9	3	8	2	96	47	NM	0.11			

Tutti i valori degli elementi in traccia sono espressi in parti per milione; ± = stima del tasso di incertezza dell'analisi (in ppm). Il contenuto di ferro è espresso come peso percentuale dell'ossido.
NM = Non Misurato

correlati con fonti geologiche conosciute, la cui definizione è stata resa possibile dalle analisi con fluorescenza a raggi X.

I risultati delle analisi sono presentati e riassunti nella tab. 1 e nella fig. 97.

Sulla base di recenti indicazioni (Tykot 1995, 1996), sembra che alla maggiore evidenza fisica dei giacimenti primari dovuta alle dimensioni, alla accessibilità, alla facilità di raccolta della materia prima, corrisponda una più vasta distribuzione geografica dei relativi manufatti; Monte Arci e Lipari sarebbero quindi privilegiate rispetto a Palmarola e Pantelleria al di là delle problematiche relative alla navigazione. Tale aspetto non sembra però condiviso da Williams-Thorpe o quantomeno poco desumibile dalla carta pubblicata nel 1995 (Williams-Thorpe 1995: 226-227, fig. 2).

Da un livello di analisi su piccola scala (unità abitativa e sito) a quello su scala più ampia (regionale e interregionale), il modello di distribuzione spaziale di manufatti in ossidiana con caratteristiche ben definite viene influenzato da diversi fattori ambientali e culturali. L'interpretazione di questi modelli può fornire informazioni di notevole rilevanza sulle variabili nelle modalità di approvvigionamento legate al comportamento delle comunità preistoriche e all'ambiente in cui esse vivevano e che determinano le distribuzioni dei manufatti esaminate. A un livello di analisi fra un sito e l'altro o su scala interregionale, la definizione di modelli geografici per i manufatti può fornire indicazioni sulla stagionalità dell'approvvigionamento, sull'esistenza di confini legati alle diverse etnie o al territorio occupato, sull'esistenza di percorsi e rotte, sul valore di determinate fonti o tipi di manufatti, sulle preferenze culturali accordate alla qualità del vetro o ai suoi colori, sulla presenza di sistemi di commercio e di scambio, sull'esistenza di fenomeni di interazione tra un gruppo e l'altro, nonché sullo scambio di beni di prestigio fra élites di gruppi diversi (Ericson 1981; Hughes 1978, 1990; Hughes, Bettinger 1984; Skinner 1983: 87-91, 1995: 4, 10).

Relativamente alle modalità di approvvigionamento è opportuno ricordare la possibilità di

sfruttamento delle "fonti secondarie", intese come aree di raccolta che non si trovano in corrispondenza diretta con la fonte geologica primaria (Skinner 1997): zone di colluvio, golenali, depositi rimaneggiati lungo paleoalvei, giaciture secondarie in genere che possono essere situate anche a considerevole distanza dalla fonte primaria. Questa realtà, più probabile per Palmarola e Monte Arci che non per Lipari, può avere influenzato l'organizzazione dei tempi di raccolta e quindi di permanenza nei pressi dei giacimenti, determinando la presenza/assenza di insediamenti di una certa stabilità, tanto che, al momento, in letteratura non sono noti luoghi di lavorazione o siti sull'isola di Palmarola (Buchner 1949; Radmilli 1954).

Data la facilità di reperimento della materia prima in corrispondenza della spiaggia di Cala del Porto, in concomitanza con oggettive difficoltà di attracco (sovente anche nei mesi estivi), si potrebbe supporre che venissero effettuati dei sopralluoghi molto limitati come tempo di permanenza, senza quindi giungere a sfruttare i giacimenti di M. Guarnera o M. Tramontana, ma la connotazione chimica dei campioni "secondari" di Cala del Porto risulterà nel nostro caso identica a quella della fonte primaria.

Le fonti di ossidiana di Lipari e Palmarola sono risultate affini dal punto di vista geochimico e nell'indagine in corso vengono considerate come una unica fonte chimica per ciascun gruppo di fonti (Tykot 1997). In ogni caso, le indagini geochimiche sull'ossidiana di Pantelleria provano che sull'isola esistono almeno tre fonti dal punto di vista geochimico: Balata dei Turchi, Gelkhamar e Lago di Venere (Francaviglia 1988). Una situazione analoga si riscontra in Sardegna, dove i più recenti e approfonditi studi sugli elementi in traccia della fonte di ossidiana di Monte Arci indicano la presenza di diverse ossidiane distinguibili dal punto di vista geochimico (Tykot 1997).

Tykot ha identificato nove diverse fonti chimicamente distinte, riferibili al complesso di Monte Arci, cinque delle quali erano in grado di fornire materia prima di qualità adeguata alla produzione di strumenti.

Purtroppo, attualmente non disponiamo di dati geochimici differenziati delle diverse aree di raccolta a Palmarola e il risultato di una ricognizione archeologica sistematica dell'isola potrebbe obbligarci a rivedere le ipotesi qui e di seguito espresse: non solo non sarà un problema farlo ma, al contrario, siamo i primi ad auspicare nuove e più approfondite ricerche sia di "campo" che di laboratorio, non escludendo di poterle anche promuovere e realizzare a breve termine.

Affrontando il tema delle possibili vie di accesso all'interno del territorio laziale e dell'Italia medio-tirrenica, un'ipotesi forse da approfondire, è quella dello sfruttamento dei corsi d'acqua navigabili onde aggirare o superare le barriere geografiche che potevano impedire o influenzare la distribuzione della materia prima (Tykot, 1996: 67).

Oltre alla indiscussa ed elevata presenza di ossidiana nei siti costieri, si può notare un addensarsi di ritrovamenti in corrispondenza di foci, di sponde fluviali, di insediamenti ben collegati, se non direttamente dipendenti, dalle reti idrografiche. L'abitato di Casale del Dolce si inserisce in questo quadro di strategia insediamentale dominata, come si vedrà in diversi contributi di questo stesso volume, dallo sfrut-

tamento, dall'irregimentazione, dalla probabile dipendenza sia dal corso del fiume Sacco che dal bacino idrografico di S. Maria.

Si inserisce anche, sotto l'aspetto cronologico, nell'ipotesi sempre meno empirica che attribuisce al medio e tardo Neolitico l'apice dello sfruttamento di ossidiana in rapporto alla capacità di superamento di barriere geografiche (Pollmann 1993).

Nell'area C, per esempio, la massima frequenza di rinvenimento di industria su ossidiana è stata riscontrata sulla sommità della *dolina* 29, in contesti attribuiti a fasi molto tarde del Neolitico (Pracchia *infra*).

Sebbene tale frequenza possa essere correlata a motivi funzionali, resta in ogni caso significativa la variazione rispetto ai contesti neolitici anteriori: si passa da sporadiche attestazioni a una concentrazione di diverse decine di lame, distribuite in giacitura secondaria, in uno strato che supera di poco i 10 cm di spessore.

Non potendo al momento entrare ulteriormente nel merito di analisi "interne" al sito che esaminino distribuzioni spaziali di singole o peculiari classi di manufatti, di problematiche di "accesso ai beni" in strutture sociali non egualitarie o di scambi tra diverse élites non colle-



Fig. 98
Schema geologico delle
isole di Palmarola, Ponza,
Zannone.

Fonte geologica dell'ossidiana	Casale del Dolce	
	Totale	Percentuale
Lipari	9	25,7
Monte Arci (Sardegna)	1	2,9
Palmarola	25	71,4
Totale	35	100,0

Fig. 99 - Fonti geologiche e attribuzione dei campioni tramite analisi degli elementi in traccia.

gati alla funzionalità dei diversi utensili, si tenterà di fornire ulteriori ipotesi sulle possibili motivazioni "commerciali" e di scambio tra le isole Pontine e le coste meridionali del Lazio.

Ciò introduce alla fonte di Palmarola, alla sua genesi, ai suoi luoghi di raccolta o estrazione della materia prima e al rapporto tra questi e gli approdi. Questo primo approccio all'isola (fig. 98) contiene il maggior numero di punti interrogativi, poiché invece la diffusione di questa ossidiana, chimicamente ben connotata, viene sempre più spesso documentata e la

sua presenza in siti del Neolitico tardo e dell'Eneolitico nel Lazio centro-meridionale risulta anche quantitativamente rilevante, se non dominante.

Tale situazione è confermata dai risultati delle analisi finora svolte sui reperti provenienti da Casale del Dolce, dove l'ossidiana di Palmarola rappresenta il 71,4% del totale dei campioni esaminati (fig. 99).

Peraltro, l'irradiazione dei manufatti relativi a questa fonte tende, come confermano anche studi recentissimi, a svilupparsi prevalen-

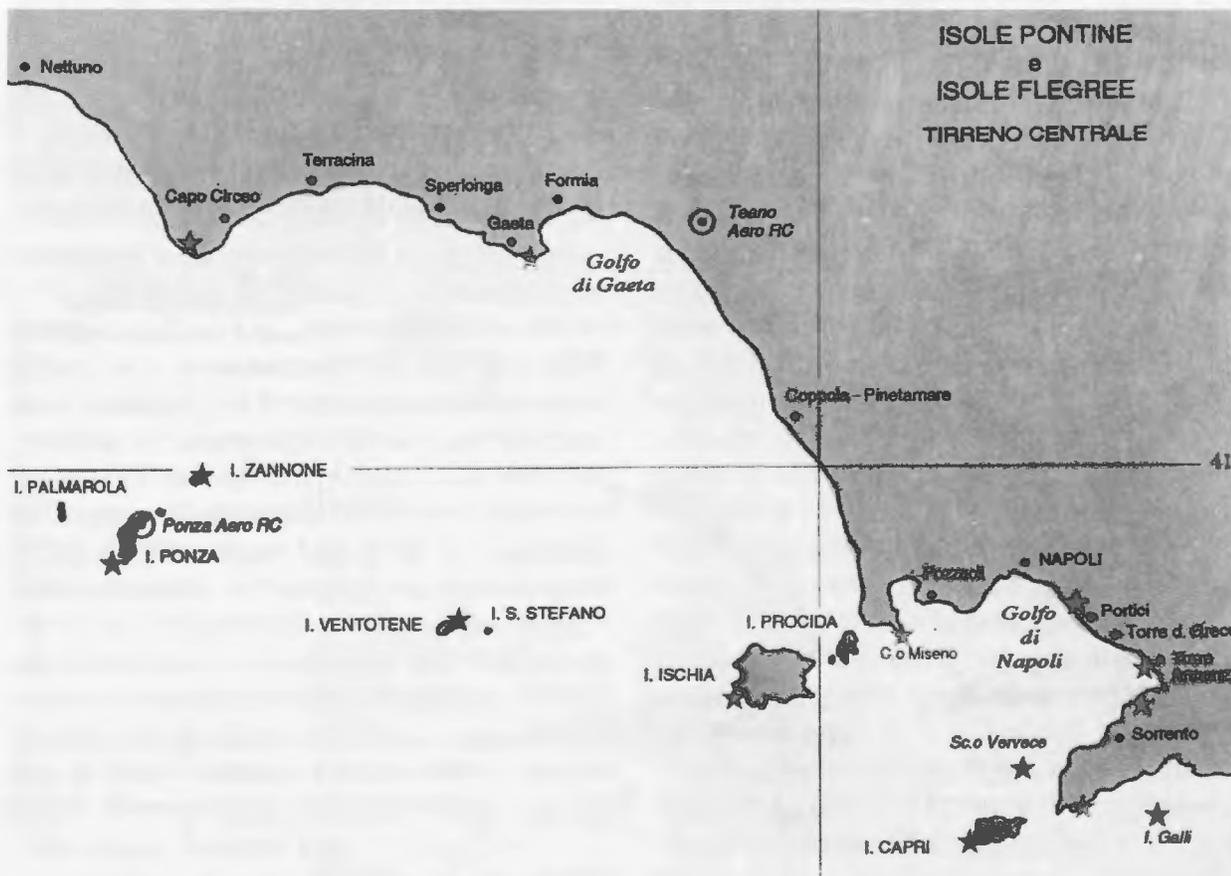


Fig. 100 - Costa campano-laziale e relativi arcipelaghi.

temente in direzione E-NE. Su tale orientamento di diffusione si trova ovviamente il "bacino laziale", che sembra assorbire la quantità maggiore di questo prodotto; un prodotto che solo secondariamente seguirà altre vie: secondariamente e in quantità progressivamente minori.

Una moderna analisi di mercato indicherebbe il Lazio quale area di principale consumo della capacità di produzione dell'isola pontina. Capacità di produzione che comprenderebbe, se nuove ricerche dovessero attestarlo, anche lo sfruttamento sino a oggi sconosciuto in epoca preistorica, dell'ossidiana di Ponza come fonte geologica (Hallam *et alii* 1976; Ylagan *et alii* 1966).

Si deve inoltre considerare l'abbondante e diffusa presenza di manufatti di ossidiana, per lo più nuclei e lame di piccole dimensioni, nell'isola di Ventotene: questi reperti, rinvenuti da chi scrive durante una ricognizione di superficie non sistematica effettuata nel mese di giugno 1997 e sino a oggi non noti, aprono nuove possibilità di studio sulle rotte marittime Palmarola-Ventotene-Ischia (figg. 100-101).

Alla luce di nuovi dati e di nuove ipotesi, va ridisegnato l'intero sistema di circolazione, sia nell'ambito dell'arcipelago pontino che nei rapporti tra questo e la costa, anche valutando che le esplorazioni archeologiche delle isole Pontine non sono state fino a oggi sistematiche e i dati noti da bibliografia storica sono sovente obsoleti o fuorvianti.

Il controllo dell'approvvigionamento, le aree di lavorazione o di primo sgrossamento della materia prima, gli insediamenti sulle rotte preferenziali e gli approdi, attendono un modello plausibile ben calibrato e specifico poiché, quanto finora applicato, risulta mutuato da altre aree e da altre realtà non rappresentative della zona geografica in esame.

Se è vero, per esempio, che l'approdo a Palmarola è molto difficoltoso e che sulla costa dell'isola non si individua un'area adatta all'insediamento, è altrettanto vero che la dimensione dei materiali grezzi è molto contenuta. Perché allora raggiungere Zannone per impiantare un'officina quando l'ossidiana era già di picco-

le dimensioni e pronta per il trasporto? (Segre 1989).

Né è supponibile una specializzazione *in loco* della tecnica di scheggiatura, decisamente smentita dall'elevatissimo numero di nuclei sfruttati o in corso di sfruttamento nei siti costieri del Lazio (Tykot 1996).

Sotto il profilo economico poi, affinché uno scambio commerciale risulti bilateralmente vantaggioso è necessario che esista una difformità di informazioni tra chi "produce" il bene e chi lo "acquista"; il tipo di utilizzazione o la possibilità di successivi scambi non devono essere noti o attivabili dal "produttore", ma solo dal "primo acquirente": il secondo dovrà così disporre di un possibile "mercato" non noto al primo e via dicendo per tutti i successivi "passaggi di mano" della materia prima.

In caso contrario crollerebbe un sistema commerciale a solo vantaggio di chi detiene il controllo della fonte primaria, ma un rapporto diretto tra primi dispensatori del "bene" e la maggior parte degli utilizzatori anche geograficamente distanti sembra improponibile in ambito preistorico.

Al valore di base dell'ossidiana deve potersi aggiungere, di passaggio in passaggio, un valore aggiunto che, presumibilmente, sarà direttamente proporzionale alla distanza dalla fonte geologica o primaria.

I modelli di azioni cumulative che avrebbero coinvolto intere generazioni per il trasporto della materia prima dal luogo di origine a quello di rinvenimento (Williams-Thorpe 1995), se confermati, lascerebbero emergere una sorta di forma iniziale di "tesaurizzazione" incrementando l'aspetto simbolico del bene che, con l'aumentare delle distanze, sopravvanzerà quello funzionale, ovvero, banalizzando: valore economico e funzionale nelle aree di produzione e limitrofe, valore simbolico aggiunto nelle aree distanti dalla fonte.

Questa interpretazione che da tempo tentiamo di verificare e adeguatamente "puntellare" con dati e informazioni di scavo trova un prezioso alleato in quanto esposto recentemente da Tykot (1996) per i commerci in generale

Fig. 101

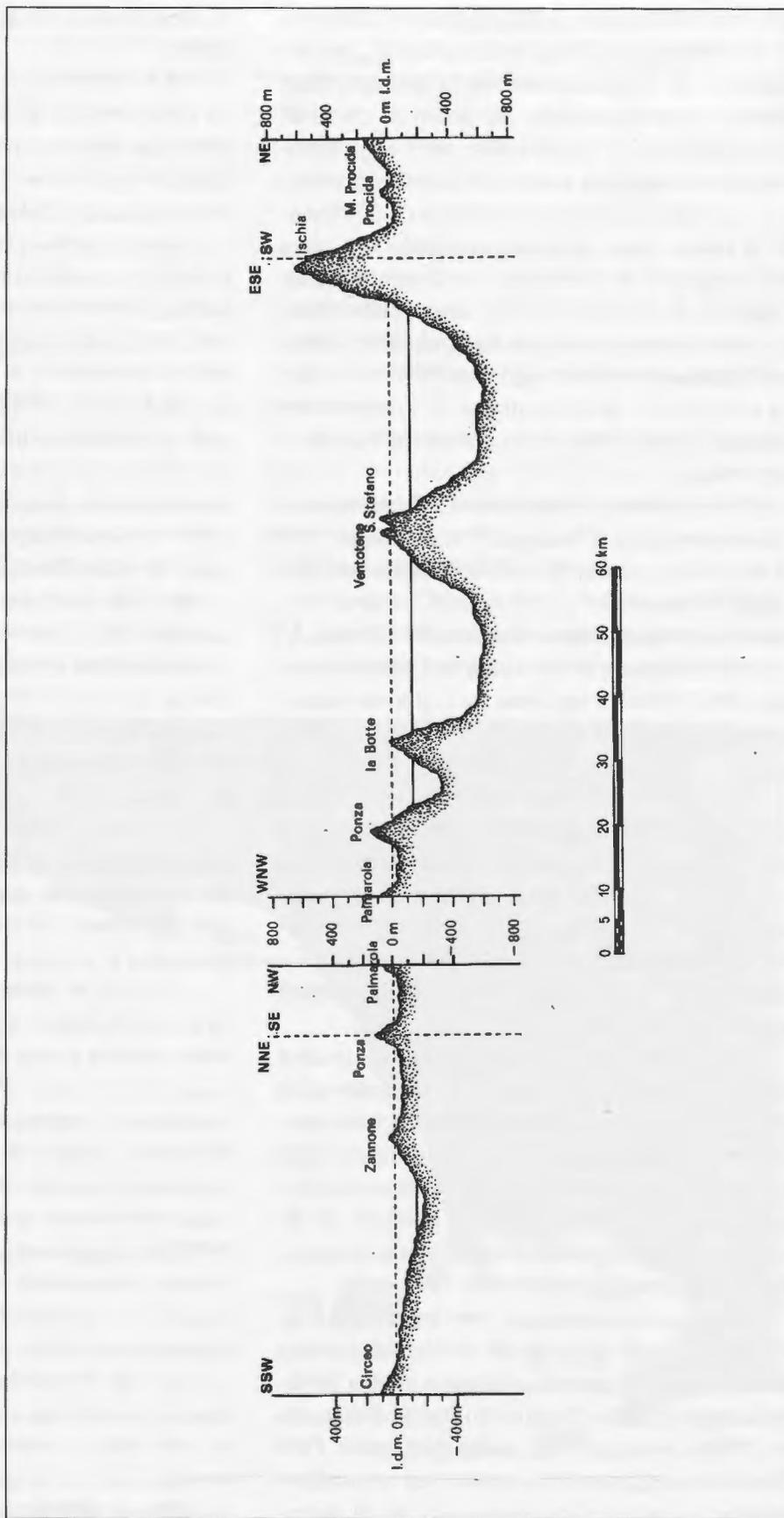
Sezione ideale tra Palmarola e Ischia e tra Palmarola e il promontorio del Circeo.

Nella sezione è indicato il livello del mare attuale (tratteggio) e quello riferito a un periodo compreso tra il 20.000 e 18.000 anni da oggi (linea continua).

Da Palmarola in direzione nord-est, verso Ischia e Procida, si nota facilmente come, nonostante i 120 m circa di diminuzione del livello, restassero da superare due significativi bracci di mare; le curve batimetriche raggiungono quota -500 circa tra la Botte e Ventotene e -600 circa tra quest'isola e Ischia.

Al contrario, il gruppo Palmarola-Ponza-Zannone risulta completamente emerso e il collegamento con il promontorio del Circeo, in direzione sud-sud-ovest è ostacolato solo da poche centinaia di metri di mare.

Naturalmente in queste zone non si hanno attestazioni di traffici in epoche così antiche, ma la visualizzazione, l'astrazione cartografica, può aiutare a comprendere come in realtà gli spostamenti che poi avverranno via mare per tratti più lunghi, ripercorressero itinerari in qualche modo già noti. I progressi nelle tecniche di navigazione poi, sono direttamente proporzionali all'aumentare delle distanze marine da superare.



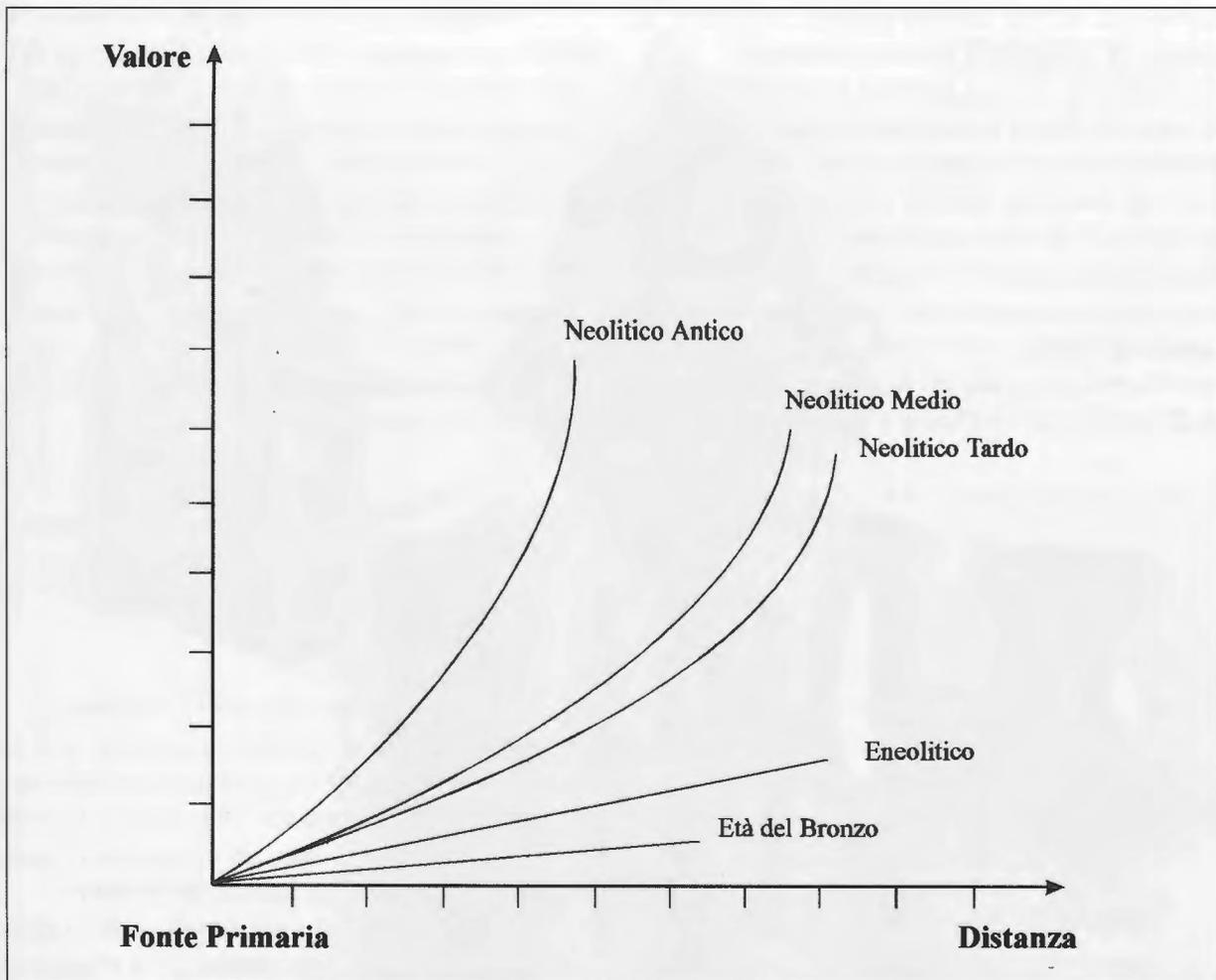


Fig. 102 - Diagramma qualitativo sulla variabilità cronologica dei parametri valore-distanza.

in epoca neolitica. Altre interpretazioni che possono per così dire “rinforzare” questa tesi, sono espresse sia da Guilaine e Vaquer (1994: 326) che da Binder e Courtin (1994: 311)².

Nel grafico (fig. 102) si tenta di dare un ruolo a un terzo e decisivo elemento: il tempo, sia come componente del valore in quanto direttamente collegato alla distanza, sia come “tempo storico” destinato a influenzare la fluttuazione dell’importanza dell’ossidiana dal Neolitico in avanti.

Importanza che sarà destinata a diminuire sia a causa dei progressi nelle tecniche di navigazione che faciliteranno l’afflusso della materia prima causando un ribasso del valore, sia perché l’avvento dei metalli e dell’enorme implicazione simbolica (Eliade 1950, 1990) che caratterizzerà questa produzione, soppianderà en-

trambe le caratteristiche del vetro vulcanico: capacità di taglio, resistenza, maggiore durata, valenze non funzionali.

Il concetto di valore aggiunto potrebbe, a nostro avviso, spiegare anche perché prodotti litici di una fonte decisamente minore rispetto a Lipari e Monte Arci, possano raggiungere, pur se in quantità limitate, aree geograficamente distanti (Tykot 1997).

Se l’unica utilizzazione dell’ossidiana fosse stata quella di utensili per lo più da taglio, i materiali provenienti da Palmarola difficilmente avrebbero superato in confini del “bacino di utenza” laziale; le “rottore” da uso, in sintesi il normale consumo del bene, avrebbe confinato quest’industria nell’area geograficamente più vicina.

Non esisteva cioè una sovrapproduzione, un

eccesso di offerta tale da giustificare l'invio, il traffico, il commercio con aree lontane.

Solo se si accetta l'idea di valore simbolico, di indice di *status* (valore quasi pre-monetale, si avrebbe voglia di aggiungere, in un sistema fondato sul baratto), diventa comprensibile come un materiale di una limitata fonte primaria, qualitativamente inferiore a Lipari e Monte Arci, difficile da raggiungere e per lo più disponibile in ciottoli di limitate dimensioni, sia documentato cronologicamente sin dal Neolitico antico e geograficamente sino all'Istria (Tykot 1997).

All'interno dell'insediamento di Casale del Dolce, un esame iniziale della distribuzione dei manufatti non sembra rivelare aree con particolare concentrazione: lame, lamette troncate e nuclei si rinvennero frequentemente sia nelle zone abitative che in quelle destinate a immagazzinamento o altri usi specifici (area C). Come precedentemente esposto, si nota invece una variazione "verticale" nella frequenza di rinvenimento.

Nell'ambito dei corredi sepolcrali non figurano mai elementi di ossidiana.



Fig. 103
Campioni di lame e lamelle
in ossidiana.



Fig. 104
Campioni di lame e lamelle
in ossidiana.



Fig. 105
A sinistra, nucleo di
ossidiana con distacchi
lamellari.

Fig. 106
Qui accanto, una delle due
cuspidi di freccia in
ossidiana rinvenute.

Va qui però ricordato che non soltanto si è in fase preliminare di studio, ma anche che il sito è stato scavato all'incirca per il 50% della sua estensione, con quanto ne consegue in termini di variabilità dei dati.

L'abbondanza diffusa di ossidiana risultò peraltro già evidente durante la ricognizione di superficie in occasione della quale venne l'insediamento fu individuato. Svariati altri manufatti sono stati rinvenuti alla base della falesia di travertino su cui si imposta l'insediamento, sia a nord che a sud lungo il corso del fiume Sacco.

Tra i reperti in ossidiana raccolti in superficie nel suolo arativo (fig. 103-104-105), si segnalano due cuspidi di freccia con peduncolo e alette che non rientrano nei campioni analizzati e si presentano a un esame visivo realizzate con un materiale compatto, poco trasparente, con frequenti alveoli (fig. 106).

Tralasciando al momento la direttrice Palmarola-Ventotene-Ischia con le sue implicazioni di diffusione di ossidiana pontina nel nord della Campania, si può facilmente osservare come il collegamento marittimo Palmarola-Piana del Garigliano consenta, seguendo inizialmente il corso di questo fiume, prima l'aggiramento del gruppo dei monti Aurunci e poi, immettendosi nella cosiddetta Valle Latina o del

fiume Sacco, di lasciare a ovest sia i monti Aurunci che i monti Lepini. Sull'asse di questo percorso è situato l'insediamento di Casale del Dolce. Giunti al termine della valle Latina si presentano due opzioni: proseguire a nord tra i monti Sabini e l'apparato vulcanico dei colli Albani o, verso est-nord-est, tra gli stessi monti Sabini e il gruppo degli Ernici e dei Simbruini. (fig. 107).

Non disponendo attualmente di dati verificati e formalizzati, ci si limita a ricordare che il promontorio del Circeo e la pianura circostante, sino a giungere alla foce del fiume Astura, dovrebbero rappresentare l'altra fascia costiera privilegiata per le aree di approdo in relazione alla possibilità di superamento di barriere naturali.

Giungendo sulla costa della pianura pontina, si può penetrare verso est tramite il corridoio ideale tra i Lepini e i colli Albani oppure, seguendo le sponde del Tirreno, collegarsi alla campagna romana e alla valle del Tevere.

In entrambe le direttrici esiste quindi la possibilità di iniziare un tragitto che porterà con relativa facilità verso le sponde dell'Adriatico e quindi verso le attestazioni geograficamente più lontane dell'ossidiana di Palmarola.



Fig. 107 - Ipotesi di percorsi di diffusione dell'ossidiana di Palmarola nel Lazio meridionale.

NOTE

¹ Le analisi degli elementi in traccia mediante Fluorescenza ai raggi X sono state eseguite presso il Northwest Research Obsidian Studies Laboratory di Craig Skinner; a lui è anche dovuta la descrizione tecnica inserita in questo contributo.

² Binder e Courtin paragonano, in ambito egeo, l'uso dell'ossidiana nei pressi delle fonti primarie a quello convenzionale della selce: una vera "sostituzione" di materia prima. Il diverso valore, il "prestigio", sarà acquisito con l'allontanarsi dalla fonte.

BIBLIOGRAFIA

AMMERMAN A.J., POLGLASE C. 1993 - The exchange of obsidian at Neolithic sites in Italy, in *Trade and Exchange in European Prehistory*, eds. Healy F., Scarre C., Monograph 33, Oxbow, Oxford: 101-107.

AMMERMAN A.J., CESANA C., POLGLASE C., TERRANI M., 1990 - Neutron Activation Analysis of Obsidian from Two Neolithic Sites in Italy, *Journal of Archaeological Science*, 17: 209-220.

BIGAZZI G., MELONI S., ODDONE M., RADÌ G., 1992 - Study on the diffusion of Italian obsidian in the neolithic settlements, Atti del VIII Convegno Nazionale sulla attività di Ricerca nei settori della Radiochimica e della Chimica Nucleare, delle Radiazioni e dei Radioelementi, Torino 16-19 giugno 1992, CNR e Università degli Studi di Torino: 243-247.

BINDER D., COURTIN J. 1994 - Un point sur la circulation de l'obsidienne dans le domaine provençal, *Gallia Préhistoire*, 36: 310-322.

BUCHNER G. 1949 - Ricerche sui giacimenti e sulle industrie di ossidiana in Italia, *Rivista di Scienze Preistoriche*, IV: 163-186.

CANN J.R., RENFREW C. 1964 - The characterization of Obsidian and its Application to the Mediterranean Region, *Proceedings of the Prehistoric Society*, 30: 11-125.

ELIADE M. 1956 - *Forgerons et alchimistes*, Flammarion: Parigi.

ELIADE M. 1990 - *Le messi del solstizio*, Memorie 2, Milano: 144-145.

ERICSON J.E. 1981 - Exchange and Production Systems in Californian Prehistory. The Results of Hydration and Chemical Characterization of Obsidian Sources, *BAR International Series*, 110, Oxford.

FRANCAVIGLIA V. 1988 - Ancient Obsidian Sources on Pantelleria (Italy). *Journal of Archaeological Science*, 15: 109-122.

FRANCAVIGLIA V. 1995 - Discriminating between mediterranean obsidian, Proceedings of the Egyptian Seminar on Geosciences and Archaeology in the Mediterranean countries, Cairo: 381-387.

GALE N.H. 1981 - Mediterranean Obsidian Source Characterization by Neutron Activation Analysis and Optical Emission Spectroscopy, *Proceedings of Prehistoric Society*, 42: 85-110.

GUILAINE J., VAQUER J. 1994 - Les obsidiennes à l'Ouest du Rhône, *Gallia Préhistoire*, 36: 323-327.

HALLAN B.R., WARREN S.E., RENFREW C., 1976 - Obsidian in the Western Mediterranean; Characterization by Neutron Activation Analysis and Optical Emission Spectroscopy, *Proceedings of the Prehistoric Society*, 42: 85-110.

HARBOTTLE G. 1982 - Chemical Characterization in Archaeology, in *Contexts for Prehistoric Exchange*, eds. Ericson J.E., Earle T.K., Academic Press, New York: 13-51.

HUGHES R.E. 1978 - Aspects of Prehistoric Wiggott Exchange and Social Ranking, *Journal of California Anthropology*, 5 :53-66.

HUGHES R.E. 1986 - Diachronic Variability in Obsidian Procurement Patterns in Northeastern California and Southcentral Oregon, University of California Publications in Anthropology, 17, Berkeley, California.

HUGHES R.E. 1990 - The Gold Hill Site: Evidence for a Prehistoric Socio ceremonial System in Southwestern Oregon, in *Living with the Land: the Indians of Southwest Oregon*; eds. Hannon, Olmo R., Southern Oregon Historical Society, Medford, Oregon: 48-55.

HUGHES R.E. BETTINGER R.L. 1984 - Obsidian and Prehistoric Systems in California, in *Exploring the limits. Frontiers and Boundaries in Prehistory*, eds. Deatley S.P., Findow F.J., BAR International Series 223, Oxford : 153-1782.

JACK R. N. 1976 - Prehistoric Obsidian in California I : Geochemical Aspects, in *Advances in Obsidian Glass Studies: Archaeological and Geochemical Perspectives*, eds. Stein J.K., Linse A.R. Geological Society of America Special Paper 283, Boulder, Colorado :79-91.

JACKSON T. L. , HAMPEL J. 1993 - Size Effects in the Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF). Analysis of Archaeological Obsidian, *International Association for Obsidian Studies Bulletin* 9: 8.

NORRISH K, CHAPPEL, B.W. 1967 - X Ray Fluorescence Spectrography, in *Physical Methods in Determinative Mineralogy*, ed. Zassman J, Academic Press, New York.: 161-214.

POLLMANN H.O. 1993 - *Obsidian in Nord Western Meditteraneum. Seine Verbreitung und Nutzung im Neolithikum und Eneolithikum*, BAR International Series 585: Oxford.

POTTS P. J., WEBB P.C. 1992 - X-Ray Fluorescence Spectrometry, *Journal of Geochemical Exploration*, 44: 251-296.

RADMILLI A. 1954 - Le isole Pontine e il commercio di ossidiana nel continente durante il Neo-eneolitico, *Origines* :119-129.

RAPP G. 1985 - The provenience of Artifactual Raw Materials, in *Archaeological Geology*, eds. Rapp G., Giffird J; Yale University Press, New Haven, Connecticut.: 353-375.

RANDLE K.L., BARFIELD H., BAGOLINI B. 1993 - Recent Italian Obsidian Analysis, *Journal of the Prehistoric Society*, 32: 30-72.

SEGRE A. 1986 - Ambiente naturale e Preistoria, in *Le isole pontine attraverso i tempi*, a cura di De Rossi G.M., Istituto di Storia e di Arte del Lazio Meridionale, Guido Guidotti editore.

SHAKLEY M.S., HAMPEL J.1993 - Surface Effects in the Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) Analysis of Archaeological Obsidian, *International Association for Obsidian Studies Bulletin*, 9: 10.

SKINNER C.E. 1997 - Northwest Research Obsidian Studies Laboratory World Wide Web Site (<http://www.peak.org/skinner/obsidian.html>).

SKINNER C.E. 1983 - Obsidian Studies in Oregon: An Introduction to Obsidian and An Investigation of Selected Methods of Obsidian Characterization Utilizing Obsidian Collected at Prehistory Quarry Sites in Oregon, Unpublished Master's terminal Project, Interdisciplinary Studies,

University of Oregon , Eugene, Oregon.

SKINNER C. E. 1995 - Obsidian Characterization Studies, in *Archaeological Investigation PGT-PG&E Pipeline Expansion Project*, Idaho, Washington Oregon and California, vol 5 : Technical Studies.

SKINNER C. E., THATCHERR J.J., DAVIS K.M. 1997 - X-ray Analysis and Obsidian Hydratation Rim Measurement of Artifact Obsidian from Casale del Dolce and Pantelleria, Italy, *Northwest Research Obsidian Studies Laboratory Report*, 96-15.

TYKOT R.H. 1995 - Prehistoric Trade in the Western Mediterranean: The Source and Distribution of Sardinian Obsidian, Unpublished PH.D Dissertation, Harvard University, Cambridge, Massachusetts.

TYKOT R.H. 1996 - Obsidian procurement and distribution in the Central and Western Mediterranean, *Journal of Mediterranean Archaeology*, 9: 39-82.

TYKOT R.H. 1997 - Characterization of the Monte Arci (Sardinia) Obsidian Sources, *Journal of Archaeological Science*, 24: 467-479.

WILLIAMS K.L. 1987 - *An introduction to X-ray Spectrometry: X-Ray Fluorescence and Electron Microprobe Analysis*. Allen 1 Unwin, Boston, Massachusetts.

WILLIAMS-THORPE O. 1995 - Obsidian in the Mediterranean and the Near East, *Archaeometry*, 37: 217-248.

YLAGAN R.F., STEPHEN P., ALTANER POZZUOLI A. 1996 - Hydrothermal Alteration of a Rhyolitic Hyaloclastite from Ponza Island, Italy, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 74: 215-231.