

CAP. IX: L'USO DEL FUOCO NEL PALEOLITICO PER LA LAVORAZIONE DELLA PIETRA

La capacità di usare e controllare il fuoco rappresenta uno degli eventi di adattamento conoscitivo tecnologico più importanti che la specie umana abbia mai compiuto durante la sua intera evoluzione culturale. Il fuoco fornì soprattutto luce e calore, almeno inizialmente, poi però col tempo, con il passaggio verso l'età storica, permise anche la manipolazione di una serie di manufatti (ceramiche, vetri, metalli) che con l'azione del calore, grazie alla variazione delle proprietà chimico-fisiche, divennero utilizzabili per le esigenze umane. Nel frattempo, per tutta un'epoca databile fra 164.000 (età del più antico manufatto in quarzo con segni di trattamento termico) e 72.000 anni fa (età a cui si associa un'elevata presenza di manufatti in quarzo ricotti ritrovati nel sito di *Pinnacle Point*, sulla costa meridionale del Sud Africa) si osserva in diversi siti paleolitici un progressivo utilizzo del fuoco per le lavorazioni della pietra, finalizzato al conferimento di proprietà meccaniche maggiormente adatte alla lavorazione per la produzione di punte, lame e altri utensili da taglio¹.

Va osservato, da un lato che l'applicazione di trattamenti termici sui materiali richiede una discreta conoscenza dell'uso del fuoco e elevate capacità cognitive (per esempio, almeno per la riproduzione di condizioni di lavorazione identiche da sito a sito), dall'altro che un tale utilizzo del fuoco si associa, all'incirca nello stesso periodo, per la prima volta a una diffusa evidenza di comportamenti aventi significato simbolico. Ancora, si noti che per evidenti problemi di conservazione dei materiali organici (ossa, legno, cuoio) i manufatti litici sono spesso l'unica testimonianza della cultura materiale preistorica ad essere sopravvissuta fino ai tempi nostri, le informazioni ricavabili sono uniche. Anche per tale ragione, analizziamo, di seguito, con quali metodologie di indagine archeo-magnetica è stato possibile evidenziare l'uso del fuoco per la lavorazione di manufatti litici nel contesto della cosiddetta "medio paleolitico africano" (*African Middle Stone Age*, MSA, da circa 280.000 a 35.000 anni fa).

Analisi paleo-magnetica applicata sui manufatti in pietra del paleolitico africano

Il silcrete (Fig.9.1) è un materiale descritto dagli archeologi come pietra a grana fine già lavorabile allo stato naturale. Lo studio qui riportato¹ mostra un importante incremento nelle qualità meccaniche di questa pietra se sottoposta a cottura, con aumento della lavorabilità meccanica per sfaldamento e della resistenza alla fiamma, maggiore di altre pietre silicee (come l'opale e la silice). Si veda la fig. 9.3, che mostra una capacità di riduzione di larghezza e spessore degli utensili – maggiore efficacia – dopo il trattamento termico. Abbondanti quantità di utensili in silcrete (roccia costituita da inclusioni di quarzo - SiO₂ – cementate

¹ Kyle S. Brown, et al., *Fire As an Engineering Tool of Early Modern Humans*, SCIENCE VOL. 325, 14 AUGUST 2009, pp. 859-862.

nella silice) sono state ritrovate nei siti preistorici del Sud Africa. Su di essi sono state svolte ricerche dettagliate che comprendono analisi delle proprietà magnetiche.



Fig. 9.1: Silcrete – pietra costituita da fini grani di quarzo cementati da silice. (Sinistra) materiale grezzo; (destra) lo stesso materiale riscaldato e lavorato mostra una notevole variazione di colorazione e struttura.

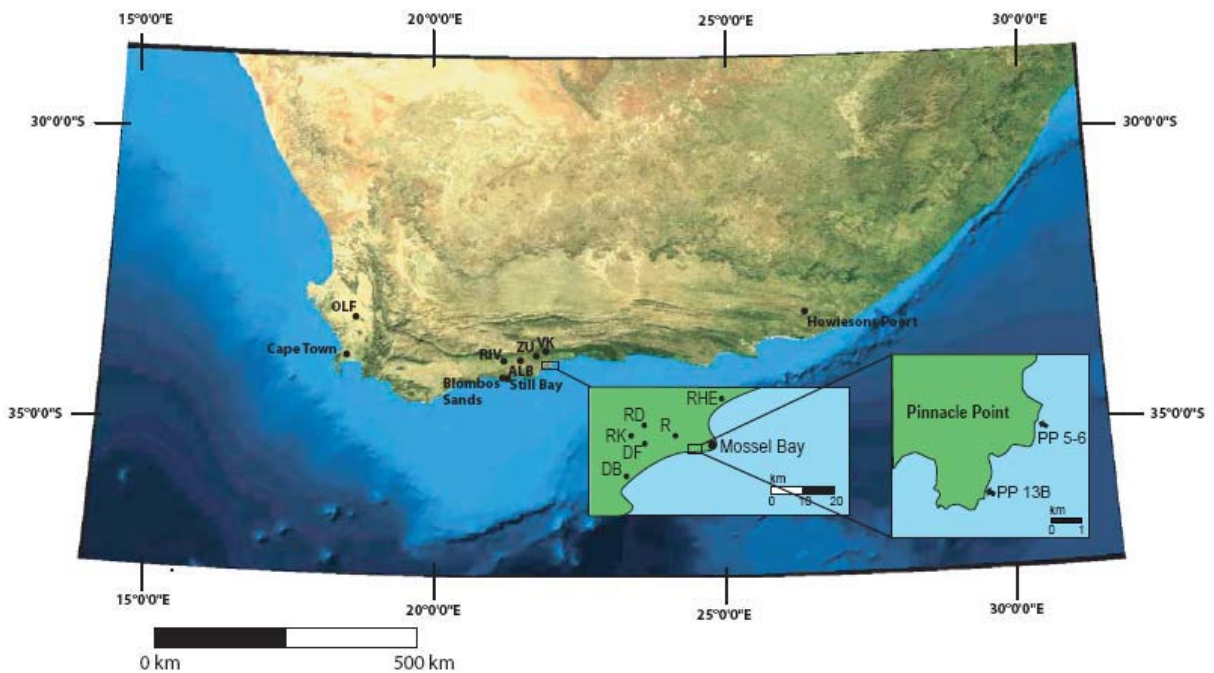


Figura 9.2. Fonti di silcrete Sudafricano disponibili entro un raggio di 100 km dal sito di Pinnacle Point (Mossel Bay), usate per lo studio sperimentale e il confronto con i manufatti paleolitici.

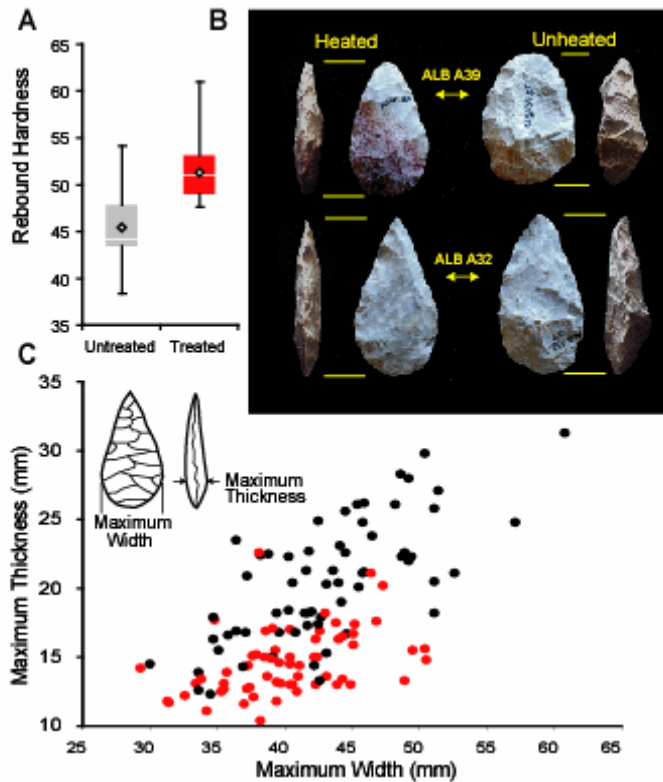


Fig. 9.3: Effetto del trattamento termico sulle proprietà meccaniche dei reperti in silcrete: (A) confronto della durezza dinamica su coppie di campioni non scaldati (grigio) e scaldati (rosso); (B) foto dei campioni artificiali scaldati (sinistra) e non scaldati (destra) provenienti da uno stesso blocco; (C), distribuzione della larghezza e dello spessore delle punte bivalve ottenibili su campioni di silcrete non scaldato (grigio) e scaldato (rosso).

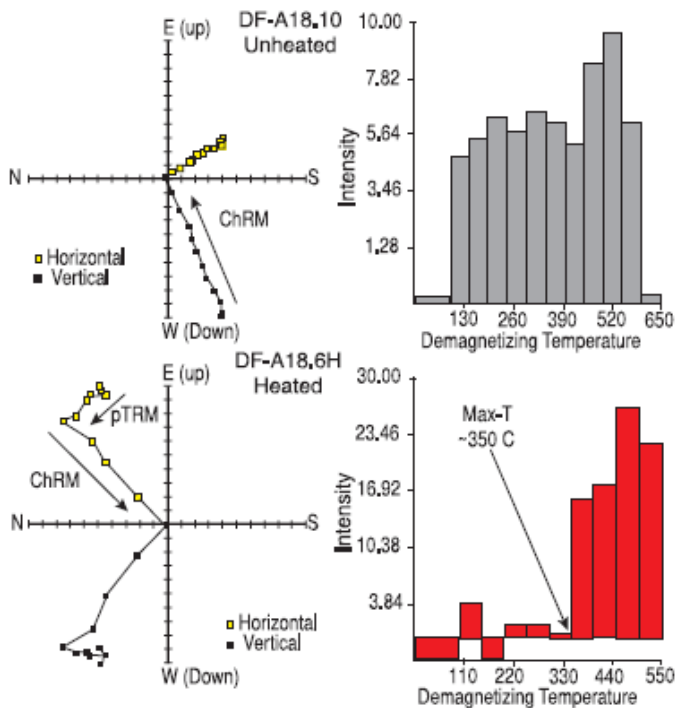
I campioni selezionati sono stati ridotti, quando necessario, a un diametro massimo di 25 mm, in modo da poter essere inserite nelle apparecchiature strumentali. La maggior parte di essi, in ogni caso, era già di dimensioni inferiori e non è stata necessaria alcuna preparazione o riduzione della taglia. Dopo la pesatura, è stato fondamentale inserire i pezzi da misurare in contenitori di dimensioni standard (solitamente contenitori cubici contenenti resina non magnetica) in grado di resistere ai trattamenti termici per poter definire e riconoscere durante i diversi trattamenti di "pulizia" termica della magnetizzazione l'esatta orientazione di ogni campione.

Sui campioni sono stati misurati, inoltre:

- la suscettività magnetica, χ ;
- la magnetizzazione rimanente isoterma, IRM)
- i cicli di isteresi;
- la temperatura di Curie.

La pulizia termica della magnetizzazione è stata effettuata con incrementi di temperatura di 25–30 °C, in 14 passaggi di smagnetizzazione progressiva. Analizzando le curve di smagnetizzazione in funzione della temperature di trattamento è possibile separare le diverse componenti della magnetizzazione rimanente acquisita dai manufatti in tempi differenti e causate da processi diversi. Abbinando alle misure magnetiche misure di termoluminescenza (TL) si possono individuare i campioni di pietra trattati termicamente (si veda la fig. 9.4).

A Archaeomagnetism - Experimental Samples



C Thermoluminescence - Experimental Samples

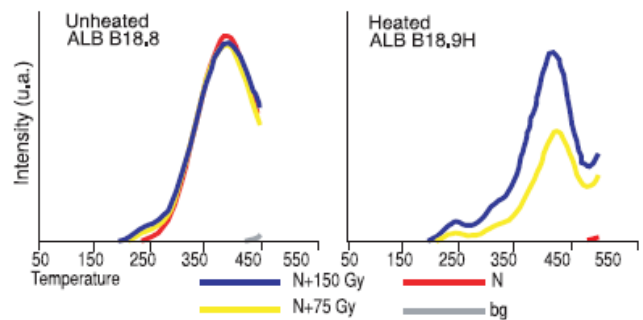


Fig. 9.4: Diagrammi di Zijederveld (A) e (C) termoluminescenza risultanti da campioni in pietra sperimentali. (A) Fra due campioni, quello cotto (alto) mostra una singola componente della rimanenza (ChRM). Il campione cotto (basso) mostra un segnale a due componenti: ChRM geologica e pTRM indotta dal trattamento effettuato a ~300°C. (C) La Termoluminescenza non è stata cancellata nel campione non trattato (sinistra) e risulta satura (non vi è aumento di intensità TL aumentando la dose di radiazione sul campione – linee gialla e rossa). Il segnale di TL aumenta invece con la dose sul campione ricotto in laboratorio (destra).

Analisi magnetica

Sappiamo che quando i sedimenti sono depositati per via fluviale o eolica possono acquisire una magnetizzazione rimanente detritale (DRM) primaria orientandosi lungo la direzione del campo geomagnetico locale mentre si compattano, precipitando dalla sospensione formatasi in fase liquida o gassosa. Processi di pedogenesi secondaria ed eventi ambientali possono poi aggiungere alla DRM una magnetizzazione rimanente secondaria di tipo chimico (CRM). Inoltre, il rilassamento dei grani più piccoli già a temperatura ambiente dà origine a una componente aggiuntiva, definita magnetizzazione rimanente viscosa (VRM).

Se il sedimento, trasformandosi nelle ere geologiche, dà poi origine a un deposito roccioso e quest'ultimo viene riscaldato, per cause naturali o antropogeniche, alla magnetizzazione rimanente geologica – prodotta al tempo della formazione (DRM) o in seguito per alterazione

chimica (CRM) – si aggiunge un'ulteriore rimanenza magnetica secondaria di origine termica (TRM).

Con il riscaldamento possono accadere due tipi di evento:

1) se il campione è portato al di sopra della temperatura di Curie del minerale magnetico che lo compone (p.es. 575 °C per la magnetite), ogni altra componente di magnetizzazione precedentemente acquisita viene cancellata e rimane una sola componente di origine termica (TRM) della magnetizzazione;

2) se il campione è portato al di sotto della temperatura di Curie del minerale magnetico che lo compone, alle componenti iniziali si sovrappone una magnetizzazione termorimamente parziale (pTRM). La rimanenza magnetica complessiva (NRM) sarà quindi data dalla somma di tutte le componenti della magnetizzazione rimanente sopra indicate (CRM, DRM, TRM and VRM).

È possibile capire se il campione è stato scaldato separando e individuando le diverse componenti della magnetizzazione (che si attivano o disattivano a diversa temperatura) attraverso cicli di smagnetizzazione termica o attraverso l'applicazione di campi magnetici alternati a intensità crescente. La facilità con cui è possibile isolare la componente secondaria pTRM o la TRM dipende da diversi fattori, come la mineralogia della pietra originale, il livello di alterazione e sovrapposizione di trasformazioni geologiche (p.es. la CRM) e la temperatura raggiunta dal riscaldamento.

In genere, la mineralogia dei giacimenti sedimentari in una stessa area geologica può variare considerevolmente; in uno stesso ambiente non è inverosimile che vi siano zone a distanza ravvicinata con diversa storia di formazione e alterazione. Alcuni campioni possono presentare una mineralogia anti-ferromagnetica debole, altri possono presentare una mineralogia ferri-magnetica più intensa. L'analisi mineralogica può aiutare a distinguere fra campioni scaldati e non scaldati, infatti, il processo di cottura comporta la trasformazione dei minerali magnetici, normalmente portando alla formazione di fasi costituite da ossidi di ferro ferrimagnetiche (come la magnetite). Per questa ragione, in generale, l'intensità della rimanenza magnetica è più alta nei campioni scaldati rispetto a quella dei campioni non scaldati. Questa osservazione tuttavia non vale in assoluto: possono verificarsi casi di campioni di silcrete grezza già ricchi in magnetite, che non mostrano un evidente aumento della magnetizzazione con il trattamento. Per tale ragione – la disomogeneità dei campioni originari – l'analisi mineralogica basata solo sull'intensità dei parametri magnetici (come la

magnetizzazione rimanente, il campo coercitivo o la suscettività magnetica) non permette di identificare senza ambiguità i campioni trattati rispetto a quelli non trattati. Questa identificazione si può fare solo conoscendo le caratteristiche magnetiche di ogni affioramento di sedimento, luogo per luogo. Lo studio qui descritto, invece, si riferisce a campioni di minerali e manufatti archeologici provenienti da fonti geologiche diverse, aventi perciò diversa impronta magnetica e non affidabili per riconoscere una loro eventuale ricottura se l'indagine si limita alla sola mineralogia magnetica.

Tuttavia, gli studi di magnetismo offrono anche altre possibilità. L'analisi paleomagnetica dei giacimenti naturali di silcrete del Sud Africa fortunatamente indica che, seppure variabile in intensità, la magnetizzazione rimanente in questi territori mostra sempre una sola componente di magnetizzazione geologica. Non vi è evidenza di componenti multiple dovute a processi geologici che possono aver agito in epoche diverse, inoltre, la magnetizzazione rimanente viscosa (VRM) è solitamente cancellata con il primo riscaldamento a bassa temperatura o con l'applicazione di campi smagnetizzanti alternati di bassa intensità.

Questa caratteristica di unicità della componente di magnetizzazione di origine geologica (ChRM) facilita l'isolamento e il riconoscimento delle componenti termiche indotte nei campioni successivamente, le quali vanno a costituire un componente secondaria (pTRM) della magnetizzazione rimanente. Inoltre, il fatto che i campioni siano stati spostati dalla loro collocazione originaria prima del trattamento, implica che questa componente secondaria vada a definirsi in una direzione differente rispetto a quella della rimanenza geologica, rendendone l'identificazione più semplice.

Nei campioni analizzati, sia la componente geologica che quella termica sono orientate casualmente, poiché gli utensili da taglio sono stati spostati, prima dal bacino di formazione geologica, poi dal luogo di riscaldamento applicato dagli uomini. Se non fosse così, se il pezzo fosse stato cotto direttamente nel suo giacimento, senza movimentarlo, la componente più recente, termica, si discosterebbe di pochi gradi dalla direzione Nord esistente *in situ* nel momento della formazione geologica e questa situazione potrebbe indicare un riscaldamento accidentale.

Oppure, potrebbe essere accaduto che, dopo il trattamento termico, gli utensili siano stati abbandonati; in questo caso la pTRM dei manufatti *in situ* indicherebbe ancora il Nord magnetico esistente al momento della cottura (implicando la possibilità di una datazione

archeomagnetica – come per le rocce bruciate ritrovate nella *Sibudu Cave*². Questa possibilità è tuttavia limitata dalla possibilità di orientare piccole lame di pietra sul campo, riportando tale orientazione in laboratorio e dalla disponibilità di quantità di roccia sufficiente per una misura attendibile della direzione della pTRM.

Ritornando al caso in cui il campione sia stato ricotto al di sopra della temperatura di Curie, allora sarà ricavabile sperimentalmente solo la magnetizzazione rimanente termica (TRM) come unica componente, essendo le altre state cancellate dal trattamento. In tal caso diventa difficile distinguere i campioni riscaldati da quelli non scaldati, in entrambi i casi, infatti, si ha una sola componente della magnetizzazione. In questo caso il ricorso al valore di intensità della magnetizzazione può tornare di aiuto, quando i campioni riscaldati mostrano una magnetizzazione nettamente superiore; ricordiamo che il lavoro sperimentale attorno a questa osservazione singola non offre risposte assolute, allo stesso tempo è difficile che i fuochi all'aperto utilizzati nel paleolitico raggiungessero temperature così elevate.

I risultati sperimentali utilizzati per l'isolamento nei campioni della pTRM rispetto alla rimanenza geologica sono riportati in fig. 9.5 su campioni riprodotti sperimentalmente e su manufatti rinvenuti, scaldati e no. La magnetizzazione negli utensili in pietra è stata cancellata scaldandoli in passaggi successivi fino alla temperatura corrispondente al riscaldamento massimo raggiunto nell'antichità (MAX-T). La pTRM viene in tal modo progressivamente cancellata fino a quando, alla temperatura in cui la pTRM si annulla, il vettore della magnetizzazione cambia direzione collocandosi lungo l'asse definito dalla magnetizzazione rimanente caratteristica (ChRM) della roccia. Questo punto corrisponde alla massima temperatura raggiunta dal riscaldamento. Pertanto, in laboratorio si applicano incrementi di temperatura progressivi con incrementi di 25-50 °C, ripetendo le misurazioni dopo ogni trattamento. Questa procedura sperimentale, detta 'palaomagnetism vector method', identifica sia il procedimento di riscaldamento sia la temperatura eventualmente raggiunta³.

² A. I. R. Herries, in *Australian Archaeometry*, A. Fairbrain, S. O'Conner, Eds. (Aust. Nat. Univ. Press, Canberra, 2009), pp 235-253.

³ W. A. Gose, *Palaomagnetism Studies of Burned Rocks*, J. Archaeol. Sci. 27, 409 (2000).

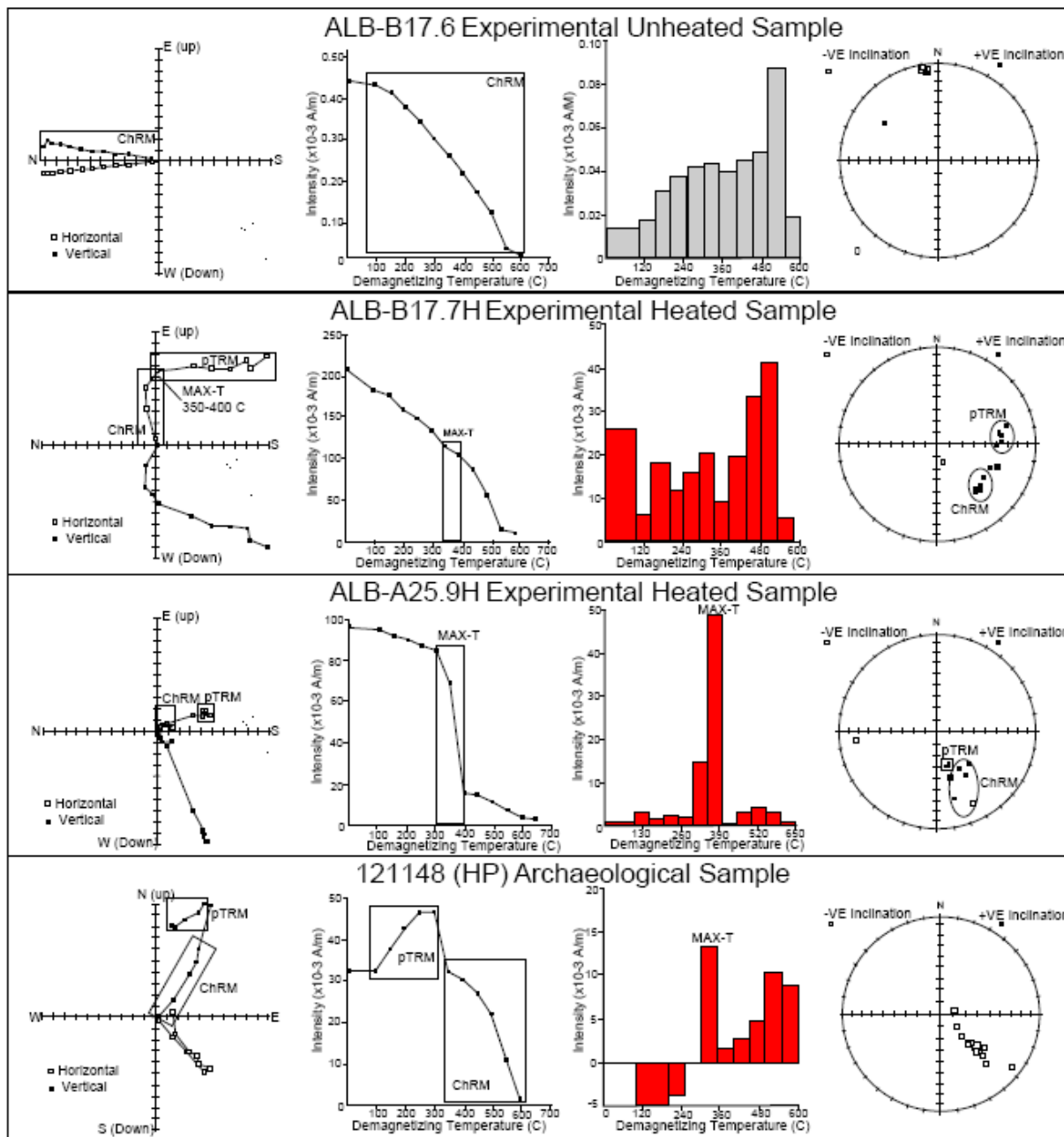


Fig. 9.5: Esempi di misura vettoriale del paleomagnetismo (PVM): (da sinistra) grafico vettoriale, grafico di variazione dell'intensità vs. temperatura di trattamento, variazione parziale dell'intensità ad ogni trattamento, e rappresentazione polare delle componenti della NRM per (dall'alto) un campione sperimentale non ricotto (ALB-B17.6), un campione sperimentale ricotto (ALB-B17.7H) e due campioni archeologici costituiti da una punta (Blombos Cave) ricotta sperimentalmente, e una lama (Howiesons Poort) non ricotta. La pTRM è la componente parziale della magnetizzazione termorimanente indotta con il trattamento termico, la ChRM è la componente caratteristica della rimanenza di origine geologica del campione di silcrete.

Osservando i grafici riportati in fig. 9.5, si nota che tutti i campioni non ricotti mostrano un comportamento di smagnetizzazione simile, corrispondente a:

- 1) una singola componente di magnetizzazione dopo rimozione di una componente viscosa a bassa temperatura ($<100\text{ }^{\circ}\text{C}$, VRM);
- 2) un declino uniforme dell'intensità magnetica secondo un decadimento lineare fino alla temperatura di Curie del minerale magnetico presente nel campione. A seconda che il punto di Curie cada sotto i $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ o sopra i $650\text{ }^{\circ}\text{C}$, si riconoscono rispettivamente fasi ferrimagnetiche o anti-ferromagnetiche;
- 3) I campioni magneticamente forti tendono a raccogliersi in una singola zona del grafico di proiezione polare (Fig. 9.4) mentre i campioni magneticamente deboli si disperdono lungo direzioni distribuite casualmente.

Per confronto, i campioni riscaldati mostrano:

- 1) una intensità della NRM maggiore;
- 2) due o più componenti di magnetizzazione;
- 3) un declino rapido dell'intensità della magnetizzazione fino alla temperatura di Curie.

La forma del grafico dipende dalla direzione della rimanenza secondaria. In alcuni campioni si osserva una diminuzione netta della magnetizzazione, in altri un incremento repentino quando la pTRM viene rimossa. In ogni caso il valore di temperature massima raggiunta cade nell'intervallo $250\text{-}450\text{ }^{\circ}\text{C}$.

I campioni riscaldati sono dominati da fasi ferrimagnetiche, quelli non riscaldati mostrano un insieme di comportamenti con entrambe le fasi, anti-ferromagnetiche e ferrimagnetiche presenti, come goethite, ematite, magnetite e maghemite. Se è presente inizialmente della goethite, questa si trasforma in ematite, ma con una grana estremamente fine che non conserva rimanenza magnetica (superparamagnetismo).

Le misure vettoriali del paleomagnetismo (PVM) dunque sono in grado di riconoscere i campioni ricotti, sia nel caso di artefatti sperimentali sia nel caso dei campioni archeologici. A queste possono essere abbinata misure di termoluminescenza, come quelle riportate per confronto in Fig. 9.6. Il fatto che ogni campione di manufatto in silcrete finora analizzato con metodi paleo magnetici o mediante analisi della termoluminescenza abbia mostrato segni di trattamento termico suggerisce che questa era una procedura abituale e deliberata, che veniva applicata prima della lavorazione.

B Archaeomagnetism - Archaeological Samples

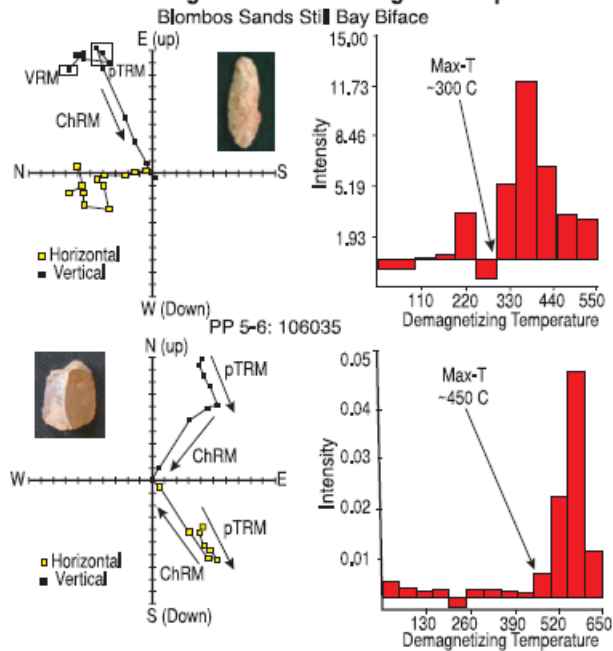


Fig. 9.6: (B) La punta di freccia di *Still Bay* (alto) e la lama di *Howiesons Poort* (basso), mostrano un segnale di variazione della magnetizzazione rimanente con il trattamento termico avente più componenti; nei due casi la pTRM è rimossa a ~350° e 450°C, rispettivamente. (D) Lo stesso campione di punta e una nuova lama sono anche state sottoposte a misura della termoluminescenza, entrambi i campioni – come nel caso dei campioni sperimentali illustrati in Fig. 9.4 – mostrano l'effetto della ricottura, il segnale della termoluminescenza originaria (linea rossa) non saturato, aumenta con la dose di radiazione incidente (linee gialla e blu).

D Thermoluminescence - Archaeological Samples

