

RIFLESSIONI E PUNTI INTERROGATIVI SU UN PROGETTO DI RICERCA

**DATI ED INFORMAZIONI SUGLI OGGETTI DI PIETRA, CHIAMATI 'MAMMELLONATI DI MONTEBUONO' (V.C.)
di Giacomo Pettorali e Piero Pistoia**

Prologo epistemologico-didattico: considerazioni critiche - Il seguente scritto è la fase descrittiva esplicativa di un progetto di ricerca costituito essenzialmente da ciò che rimane se togliamo almeno in parte la fase iniziale riassunta dal problema, dai relativi punti interrogativi e dalle successive ipotesi di lavoro susseguenti su dati e informazioni iniziali e ai diversi stadi, che però accenneremo, dinanzi ad uno stato dell'arte da tempo ormai consolidato (?) e oggi tacitamente accettato ed un pezzo di 'reale' di fatto situato nel mondo complesso e quindi aperto a molteplici interpretazioni, rivisitabili nel tempo, con ardui e lunghi percorsi di falsificazione. Nel progetto iniziale avevamo pensato di metterci dinanzi al fenomeno in studio, ignorando qualsiasi informazione precedente come un ricercatore che per la prima volta viene a contatto con questo fenomeno, a partire dall'osservare questi oggetti nel fiume. Discutendo sul problema eravamo arrivati a formulare diverse possibili ipotesi che accenneremo con il relativo racconto, inserendole nel contesto di una situazione geologica zonale, data per conosciuta. Le ipotesi riguardano non solo la 'costruzione' di questi oggetti, ma anche quelle relative alla loro presenza nella formazione rocciosa di Montebuono, che ha anch'essa una storia complessa. Ma la difficoltà dei processi di falsificazione ci ha costretto almeno in parte a semplificare, visto anche che, da tempo (a partire almeno dagli anni '60, con ripetizioni abbastanza scontate negli anni successivi), i sedimentologi, in vari parti del mondo, avevano già proposto soluzioni ripetitive almeno alla questione della 'costruzione' di una moltitudine di oggetti di forma analoga inseriti però, al tempo, in formazioni diverse, per età, composizione, struttura e storia. soluzioni che gli studiosi di oggi accettano come definitive liquidandole senza complicità e sottigliezze, che invece si rilevano chiaramente dalla lettura di tali scritti. Vista la molteplicità e la complessità delle situazioni, dai testi di sedimentologia non si evince in effetti *una certezza a tutto campo* come quella sostenuta dagli attuali studiosi! Insomma *ogni oggetto ha la sua storia!*

Prima di iniziare però la narrazione per lo più descrittiva, vorremmo fra parentesi accennare, almeno in chiave accademica, il significato e la portata culturale di questa prima fase solo accennata, specialmente in relazione a comunicazioni culturali di tipo divulgativo come questa. Mancherà di fatto tutto l'esercizio creativo di *invenzione* di ipotesi alla ricerca della soluzione di un problema, comprese le più improbabili e fantasiose [1], tenendo conto dei suggerimenti epistemologici prima di K. Popper e poi dell'anarchico P. Feyerabend nella costruzione scientifica [2], cioè la parte più più immaginifica e coinvolgente. Così, cosa che non si dovrebbe fare, seguiremo di fatto, nella comunicazione, il comportamento seguito dal ricercatore standard che razionalizza, sintetizza, ma infine, *nella comunicazione culturale, nella scrittura dell'articolo*, ripulisce tutto il processo di ricerca eliminando tentativi, idiosincrasie ed errori [12], eliminando cioè nel racconto quel procedere che si 'costruisce' con la ricerca e con il pathos che la guida, in interazione continua fra teoria ed osservazione, fra ipotesi e processi falsificativi (orgomentazioni e protocolli) aggiustando il tiro nell'andare ; mentre sta proprio qui la sua valenza educativa; (*.../ la via si fa con l'andare/... Viandante non c'è via./ Ma scie sul mare*" A, Machado. La materia in studio non rientra nel mondo lineare, ma in uno non lineare, un mondo frattale dove spesso le ipotesi più semplici, prevedibili comunemente e passivamente accettate non colgono un reale non conforme. In un mondo complesso è necessario cambiare spesso il punto di vista in specie se scontato, intuitivo e partecipato senza critica per porre nuovi problemi e nuovi ed audaci tentativi di soluzione [3]. La mosca nella bottiglia col collo ripiegato verso l'interno di Wittgenstein non riesce a "vedere" l'uscita pur da sempre a portata di antenne [4] e anche noi con la nostra narrazione non l'aiuteremo! Per farla uscire dalla trappola della conoscenza bisognerebbe convincerla ad esperire vie che sembrano improbabili, quelle non conformi alle teorie più accreditate delle mosche, quelle che magari farebbero rischiare il ridicolo nel mondo accademico delle mosche stesse. Quando siamo sicuri oltre ogni dubbio è giunto il momento di cambiare il punto di vista. E' l'ora di leggere

direttamente gli scritti del *fisico teorico* Galileo e le sue “sensate esperienze” (*Dialogo dei massimi sistemi*) per accorgerci che esse ci riportano solo al chiuso mondo tolemaico ed aristotelico; bisogna, se possediamo “eminenza di ingegno”, negare le “sensate esperienze” e far col *discorso* “violenza al senso”, afferma con forza Galileo, se vogliamo “vedere” i cieli aperti di Copernico [5]! Che sia vero, come afferma J. Foerster, che l’insegnamento oggi sia “banalizzante” e lo studente bravo “banalizzato” [6]? La futura società dell’ “imprevedibile” e del “caos deterministico” [7] ha bisogno forse di benpensanti banalizzati? Quando i fenomeni complessi sono “macchine non banali” che si esprimono in strane regolarità osservabili quando accadute, ma imprevedibili prima? Macchina non banale è la mente da acculturare e macchine non banali i fenomeni del mondo. Allora una palestra per le *Ipotesi Tentative* (TT, *Tentative Theory* di Popper) non è forse la migliore?

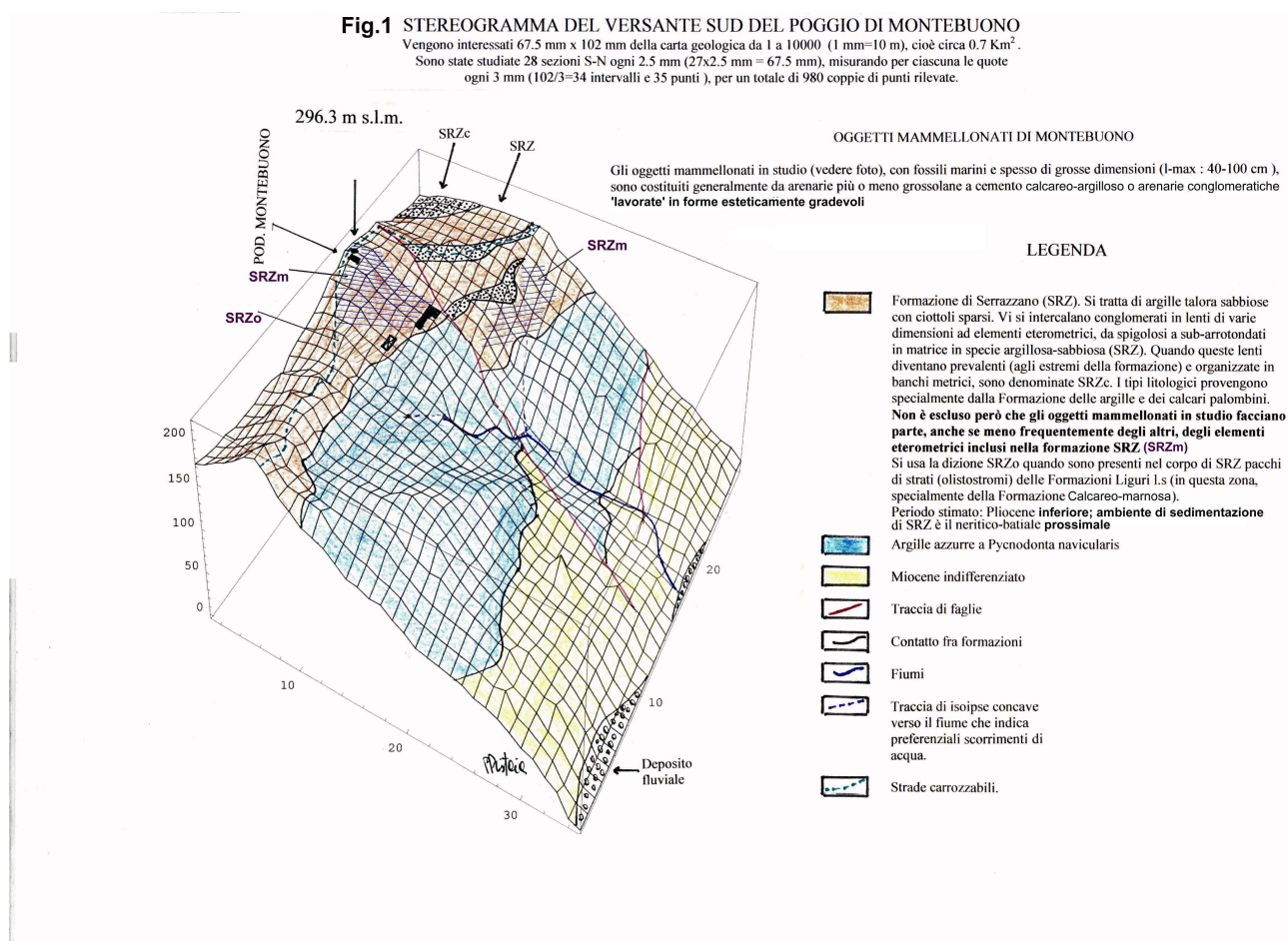
Riassunto –L’obbiettivo finale di questo lavoro, del quale questo scritto è principalmente, come tendenza, la parte descrittiva-esplicativa, è stato di cercare di chiarire il significato, la posizione e la genesi di alcune rocce (arenarie, miniconglomerati o arenarie conglomeratiche [10] organogeni a cemento calcareo o calcareo-argilloso prevalente), simili ad artefatti gradevoli (i *mammellonati*), localizzabili, quelli in studio, in un breve tratto del fiume Cecina dalla confluenza col botro Forconale, che scende da Montebuono [11], fino a qualche chilometro a valle. Questi oggetti della Val di Cecina non ci risulta siano mai stati oggetto di studio diretto. *La loro imprevedibile presenza presso lo spartiacque del botro Forconale e la loro forma apparentemente fuori dagli schemi del caso li rendono degni di studio.* Le ipotesi di basso livello che circolano in zona, quando ci sono, sono basate sul senso comune e buon senso; alcune fantasiose, ma per lo più si pensa fossero stati lavorati genericamente dal fiume Cecina o da altri più antichi.

Se non conoscessimo già lo stato dell'arte da informazioni esterne, o volessimo iniziare la nostra ricerca pensando di non sapere nulla (come, secondo noi, dovrebbe essere nella comunicazione culturale di una ricerca e nella divulgazione), tenendo conto anche delle opinioni diffuse di basso livello possedute da quelli a cui è rivolto di fatto questo lavoro, si partirebbe affilando l'immaginazione, da un'ipotesi, forse solo accademica, su questo miniconglomerato grigiastro ricco di fossili in frammenti, di zona neritica od oltre (piattaforma esterna-scarpata prossimale), depositato durante il Zancleano (primo Pliocene) sopra le argille azzurre. Questa ipotesi potrebbe essere che il masso che costituirà poi un mammellonato sia stato un oggetto proveniente da rilievi a loro simili per composizione già emersi all’inizio del Pliocene caduto in fiumi impetuosi (al tempo esisteva un clima quasi equatoriale); fu lavorato poi nei vortici fluviali (quasi '**marmitte dei giganti' in miniatura**, efficienti *trappole per costruire concessità rotondeggianti ai sassi*) che in casi piuttosto rari si incontrano anche nei nostri torrenti, capaci di arrotondare grossi massi (l'autore le ha viste in azione con il mammellonato rotolante sul fondo!) lungo lo stesso botro Forconale. Queste pietre già lavorate verranno poi trascinate da questi antichi fiumi “fossili” impetuosi al mare, dove si stava elaborando e frammentando un materiale ricco di detriti e gusci di animali marini lungo costa. Il tutto si depositò poi in zona neritica esterna od oltre per *densi e rapidi* colamenti gravitativi (assenza di *grading*). In tale zona un miniconglomerato organogeno o un’arenaria sabbiosa inglobanti i nostri oggetti strani diagenizzò nella zona corrispondente a Montebuono ed oggi qui lo ritroviamo. Era vicina la fine del Pliocene inferiore.

Come vedremo, questa **prima ipotesi** non è la sola possibile ipotesi scientifica (nel senso popperiano che è falsificabile), anzi è quella che sembra spiegare con meno frequenza gli accadimenti, se vogliamo tener conto degli studi su formazioni in altre parti del globo, indipendentemente dalle loro età e composizione, riportate nei testi classici (più o meno vecchi) di sedimentologia. Il fiume si limiterebbe allora a limarne i particolari e a lisciare le forme se eventualmente venisse a contatto con queste concrezioni in tempi successivi.

Come si vedrà, gli oggetti in studio si ritrovano inglobati in alto in particolari formazioni e da qui sono caduti o trascinati nel fiume dal botro Forconale. Da noi la loro presunta età si situa genericamente nel Pliocene. Nel bacino del botro, dal basso verso l'alto, si susseguono le formazioni neoautoctone dal Miocene fino al Pliocene medio come limite massimo. Per chi guarda dal Cecina, sopra il Miocene, il Pliocene si ritrova nelle argille azzurre e, in successione, per le mappe geologiche vigenti, nella Formazione di Serrazzano con lenti conglomeratiche alla sua sommità a destra del podere ed oltre. Subito ad ovest di una lunga faglia NNE-SSO (Fig. 1) che da oltre il crinale scende fino al fiume, *sulla sommità*, si situa appunto il podere di Montebuono che sembra costruito proprio sui mammelloni *associati o inglobati* forse in roccia simile, composti da un'arenaria o da un'arenaria conglomeratica o conglomerato arenaceo organogeno poligenico a cemento calcareo o calcareo-argilloso (presenti spesso in aree diverse dello stesso oggetto), di colore *grigiastro* indicando forse penuria di ossigeno durante la formazione, litotipo complesso non riportato esplicitamente nelle mappe.

Fig. 1



Azzardiamo l'ipotesi che l'ala est di questa lente complessa possa ritrovarsi sul versante sinistro del bacino alto del Botro per abbassamento del margine e per spostamento longitudinale dovuti alla faglia diretta forse con *componente trascorrente*. L'ipotesi è corroborata: bancate di sabbie più o meno argillose alternate a strati di arenaria e, verso l'alto, arenarie conglomeratiche organogene inglobano sassi in studio. Più precisamente nella zona di Montebuono, la probabile lente di

conglomerato, i cui elementi sono i mammellonati immersi in matrice sabbiosa, arenacea o miniconglomeratica, può aver avuto origine da sabbie, arenarie sabbiose e miniconglomerati depositati in alto mare, in cui il lungo processo diagenetico, con dissoluzioni calcaree locali del cemento, trasferimento della soluzione e riprecipitazione probabilmente sotto tensioni isotrope (con tendenza a conformare oggetti arrotondati) e, magari, su cui poi, in processi tardivi dopo il sollevamento dal mare, un attacco fisico-chimico interno, su porzioni per diagenesi più consistenti, aveva 'ridisegnato' i mammellonati (**seconda ipotesi scientifica plausibile**). Tale formazione sembra poggiare, attraverso sottili strati di arenarie minute, sulle argille azzurre forse con contatto stratigrafico. Tale contatto è desunto dall'osservare il campione di arenaria di base della Foto 6 che presenta per svariati motivi [13] *contro impronte* di base dovute al contatto con la melma (muddy) che diagenizzerà poi in argilla azzurra. Questo litotipo complesso, chiamato nell'articolo **SRZm**, grigiastro e stratificato, con fossili per lo più in frammenti, appartenente alla formazione di Serrazzano, non riportato in mappa, nel quale la natura ha "ridisegnato" in qualche modo i mammellonati, sembra costituito a partire dall'alto di conglomerati arenacei, arenarie conglomeratiche, poligenici, di sabbie e arenarie sabbiose fino ad arenarie vere e proprie [10]. Al tempo si consideri comunque il mare in tendente *regressione* per sollevamento del territorio e nella zona neritica esterna od oltre [14] a Montebuono si ridepositavano, da colamenti gravitativi sopra le argille azzurre, i materiali di un'arenaria sabbiosa o di un miniconglomerato organogeno grigiastro lavorato vicino alla costa più a sudsud. E' in questo materiale che si 'costruiranno' i nostri mammellonati. Siamo nel Plicene inferiore.

Foto 6



Contro-impronte fra arenaria di base e contatto con l'argilla azzurra

Introduzione: di cosa si parla - Si parla di strani sassi (**Foto 2**; da **Foto 1a** a **Foto 1f**), oggetti fossiliferi (con macrofossili marini) di diverse dimensioni (media nelle tre direzioni dello spazio intorno a 35-25-20 cm e circa 50 Kg di peso), costituiti essenzialmente da un'arenaria o da un'arenaria conglomeratica poligenica (*polimictica*) [10] grigiastra compatta a cemento generalmente calcareo-argilloso (contenuto calcareo, cemento e granuli, almeno il 45%, in peso come risulta da attacco con HCl concentrato). Sono variamente lavorati dalla natura a globi più o meno sferici, nelle tre dimensioni dello spazio, tanto da dare forma ad una figura volumica *spesso gradevole* pensabile in generale come un agglomerato tridimensionale più o meno fuso di singole sfere più meno grosse, mediamente di diametro più piccolo con l'aumentare del numero, fino a sfere isolate quasi perfette che possono raggiungere il metro (alcune sembrano lavorate al tornio!). Si ha notizia della presenza di tali oggetti in brevi segmenti di alcuni corsi d'acqua della Val di Cecina (Zambra, Zambriolo, Sellate, Cecina, Possera...). In questo lavoro questi oggetti verranno nominati "sassi od oggetti mammellonati" o direttamente "mammellonati". *Per quanto siamo a conoscenza non risultano riferimenti a questi oggetti nella letteratura relativa ai nostri luoghi.* In altri luoghi, per es., sono conosciute le così dette "bambole" di alcune arenarie dell'Appennino settentrionale e altrove [20]. Il nostro interesse in questa fase iniziale è rivolto ad approfondire *ex novo* la conoscenza solo dei mammellonati presenti nel Cecina nei dintorni della località Le Macie [11]. Questi 'sassi' sono conosciuti da sempre dagli abitanti del posto. A fine Ottocento inizio Novecento, per es., dai vecchi della grande famiglia Frosali delle Macie, che, abitanti da sempre nel territorio di questi oggetti, usavano quelli più tondi, dopo averli forati e imperniati, per equilibrare il giogo dei buoi o bilanciare il palo per tirare su acqua dai pozzi ed altro. Per bloccare il perno, il cemento non funzionava. Al tempo si usava colare nell'intercapedine solfo fuso bollente. Ancora oggi, dopo almeno un secolo, si possono rinvenire ai bordi delle aie sassi ancora imperniati difficili da liberare anche con lo scalpello! E' plausibile una reazione chimica fra ferro e solfo con aumento di volume e formazione di solfuri ovvero, dalla parte della pietra, un'azione sul calcare operata dal solfuro o dallo zolfo residuo ossidati con formazione, a temperatura abbastanza elevata, di un solfato a guisa di *stucco* legante. Anche i più giovani ricordano, come Genio delle Macie, oggi scomparso, che indicando dal suo podere il Botro che scende da Montebuono, chiamato dai cacciatori del posto *Il Forconale*, diceva di questi sassi che vi ruzzolavano durante le piene. Anche lo stesso Severino che abita ancora alle Macie, appoggiato al suo trattore, guardando il Botro, dice dei racconti dei vecchi su questi sassi e sul loro utilizzo, dei miti su immani maremoti che li avrebbero lavorati, del fascino che emanano le loro forme (non sono i soliti sassi di fiume!) e della meraviglia che hanno sempre destato quando spaccandoli spesso sono pieni di fossili marini. Si parla anche di sassi sferici utilizzati nel Medioevo per catapulte o, più tardi, per palle di cannone e del Botro Pallaio che da Volterra scende verso la piana di Saline. Ma gli stessi Etruschi furono certamente colpiti da questi oggetti tanto da usarli come *cippi funerari* per indicare i luoghi delle loro sepolture, come ipotizza Dante Ghilli, fotografo ricercatore volterrano, in una comunicazione personale, nella quale ci invia foto di alcuni *cippi* per lo più emisferici del Museo Guarnacci, che giudichiamo, per dimensioni, forma e apparente composizione, senza dubbio, sassi mammellonati. Nella sala n. 22 dello stesso Museo appare un isolato cippo quasi sferico che riporta una scritta del Villanoviano; era posto sulla più antica sepoltura etrusca conosciuta del Volterrano! *Osservando la foto non siamo sicuri che appartenga alle nostre pietre* (vedere la foto in fondo all'articolo).

**Foto Cippo di Dante Ghilli nel Museo Guarnacci
(vedere le altre foto in fondo all'articolo)**



SEGUONO LE FOTO: 2, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1f



Foto 1a



Foto 1b



Foto 1c



Foto 1d



Foto 1e



*Il 'sarcofago' nero in basso a sinistra è una grossa stele di marna blu notte appartenente ad olistostroni siglati SRZo nella Fig.1.
(Vedere anche stele nella Foto 5)*



I MAMMELLONATI SONO STATI LAVORATI DAI CORSI D'ACQUA ATTUALI O SI TROVANO GIÀ PRONTI IN QUALCHE FORMAZIONE ROCCIOSA?

Gli oggetti di pietra fossiliferi 'lavorati' di Montebuono, di svariate forme tondeggianti, mammellonari e svariate dimensioni, si mostrano da sempre, allorché diminuiscono le portate del semestre freddo, esclusivamente in un tratto del fiume Cecina a partire dalla confluenza con esso del Forconale (che nel prosieguo, per chiarire il riferimento, chiameremo anche 'Botro di Montebuono') che in certi anni scorre impetuoso nel periodo freddo sul versante destro del fiume, fra Sassicaie e Le Piagge, appunto sotto il podere di Montebuono. Oggetti di tal natura non sono presenti in alcun modo a monte della detta confluenza, mentre si rinvenivano invece giù fin oltre il Ponte di Ferro con densità numerica sempre più rarefatta. La vista di questi oggetti 'mammellonati' nel fiume segue essenzialmente la linea di corrente tanto che in zone di meandro sembrano praticamente assenti sulla sponda interna. Il loro apparire improvviso sul letto del fiume in corrispondenza della detta confluenza esclude definitivamente l'ipotesi di una loro 'costruzione' all'interno della fluidodinamica del fiume Cecina stesso. Potremmo ipotizzare allora che siano stati 'costruiti' dalle correnti più o meno vorticosi del semestre piovoso presenti nel torrente accidentato che cala da Montebuono in seguito a forti piogge locali. In effetti,

1 - la notevole complessità delle lavorazioni eseguite su questi blocchi compatti, in specie costituiti di arenaria più o meno grossolana a cemento calcareo con tracce di macrofossili - non ci risultano ad oggi chiari indizi di appartenenza a formazioni di falda, mentre altri, rari, sembrano appartenere ad un calcare più giallastro simile a quello di Pomarance (Foto 2);

2 - la breve lunghezza del Botro di Montebuono (non più di 1000 m di percorso) e

3 - la loro presenza talora nell'ultimo segmento dell'alveo spesso nella macchia a destra guardando il botro dal Cecina sulle rocce mioceniche, rimandano certamente ad una origine diversa, *se il tempo è importante per lavorarli*. A questo proposito è rilevante sottolineare un meccanismo possibile di lavorazione che potrebbe *rallentare* il tempo. Se un grosso vortice intrappola un masso, quest'ultimo verrebbe utilizzato come utensile o arnese per logorare il fondo circolarmente fino a produrre un cilindro cavo anche profondo, una specie di *trappola per costruire mammellonati* e fermare il tempo. Comunque se non ci fosse stato tempo, concludiamo che:

1 - i mammellonati devono essere inclusi *già pronti* in una formazione situata lungo il Forconale;

2 - l'età della formazione che li ingloba sarebbe allora l'età del loro deposito, successiva al periodo in cui vengono "scolpiti" e a quello della loro costituzione come roccia plausibilmente forse di ambiente *neritico s.l.* o più profondo; tralasciamo volutamente a questo livello di trattazione le ipotesi, perché falsificate dalle mappe vigenti che li ignorano, ma, come vedremo, forse riproponibili, che i mammellonati, si trovino inglobati in cima a Montebuono in una formazione a loro analoga (sabbie, arenarie sabbiose, arenarie conglomeratiche ricche di frammenti di fossili o miniconglomerati organogeni) e siano stati lavorati da una particolare azione erosiva fisico-chimica interna; in tal caso l'età sarebbe la stessa del deposito, ma la loro successiva lavorazione posteriore *senza scadenza*, ovvero della stessa età del miniconglomerato (vedere dopo);

3 - se, come ipotesi di lavoro, escludiamo le formazioni del Miocene dato che l'aspetto dei mammellonati e l'associazione di macrofossili inglobati non contraddice questa ipotesi e sapendo che tutta la zona era per lo più emersa alla fine del Pliocene medio, *rimane da individuare almeno una formazione pliocenica lungo il botro che inglobi i sassi in studio e che abbia una conformazione morfologica tale da spiegare la loro presenza nel fiume*.

IN QUALE PLAUSIBILE FORMAZIONE SONO INGLOBATI

Osservando [9] la carta geologica della zona - Foglio 1:25000 di Mazzolla appartenente ai rilevamenti eseguiti negli anni 1992-98 (direttore dei rilevamenti F. Sandrelli) e Foglio 1:10000

fornito agli autori dalla Provincia – e in particolare lo stereogramma 1:10000 allegato (fig.1), si nota che le formazioni mioceniche a partire dal livello del Cecina si riscontrano fino a circa $\frac{1}{4}$ del corso del Botro. Al di sopra si situano, per lo più in concordanza di sedimentazione, le argille azzurre plioceniche (Pliocene inferiore) a *Pycnodonta navicularis* siglate FAA, per almeno metà del corso del Botro. La parte più alta dell'impluvio dove è situato il podere e, per la presenza di una faglia NNE-SSO (Fig.1), quella parte che si sviluppa sul versante sinistro del botro sopra le argille azzurre, dovrebbero essere occupate, *se hanno ragione la carta (lo stereogramma) e la letteratura, da una formazione ad argille talora sabbiose con ciottoli sparsi dell'ordine di 2 centimetri in media, con numerose lenti conglomeratiche, che si estende fino allo spartiacque*, essenzialmente del Pliocene inferiore (Zancleano) e forse medio-inferiore, detta di recente 'Formazione di Serrazzano' (siglata SRZ). *Non ci risulta che l'SRZc, così come descritta [18], inglobi i sassi in studio* (nell'enorme quantità di ciottoli nella zona in studio siglata SRZc non si rinviene né un pezzo di arenaria né di arenaria conglomeratica). Se la formazione di Serrazzano fosse in continuità di sedimentazione con le argille azzurre (contatto stratigrafico) sarebbe necessario invocare un certo cambiamento sulla terra ferma (aumento di apporto terrigeno: arenaria e ciottoli) indice di qualche sollevamento settoriale. Studiosi affermano che in generale l'ambiente di sedimentazione di tale formazione è il neritico-epibatiale (nella sua parte alta però, il mare potrebbe essere in tendente regressione). Comunque si tratta di una formazione alquanto varia [18]. In particolare, sempre nella zona mappata SRZ di Montebuono, si individuano sulla sommità e sul versante sinistro del botro, sembra direttamente sopra le argille azzurre, *strane aree*, che chiameremo **SRZ_m**, *arenaceo-sabbiose in bancate* (spessore 70-80 cm) *con intercalati strati più sottili (fino al decimetro) di arenarie e miniconglomerati organogeni sembra più frequenti verso l'alto*, non riportate esplicitamente in mappa. Queste aree, rilevanti per gli oggetti in studio, forse furono anch'esse depositate in più riprese (*con elementi mediamente sempre più grossi indicanti un sollevamento in corso*) da colate gravitative, *vista la scarsa classazione*, in zona neritica esterna o vicina scarpata *sembra in rapporto stratigrafico con le argille azzurre*. Nel corso di un sollevamento del territorio è probabile che le ondate gravitative successive trasportassero oggetti a grana mediamente sempre più grossa che però non si 'classavano' nel deposito. A Montebuono si potrebbe rilevare così in successione classata grossolana verso l'alto: argille azzurre, arenarie, sabbie argillose con intercalazioni arenacee, arenarie conglomeratiche, conglomerati arenacei, conglomerati SRZc. Il litotipo complesso che sembra contenere i mammellonati (SRZ_m) è quello dei miniconglomerati, delle sabbie e delle arenarie al di sotto degli SRZc. Così secondo le mappe vigenti le uniche formazioni plioceniche nel bacino del Forconale sembrano essere la FAA e l'SRZ, ambedue formatesi nel corso del Pliocene inferiore. Se è vero, dovendo la nostra roccia secondo alcune ipotesi essersi formata precedentemente, possiamo plausibilmente situarla nell'area del basso Pliocene inferiore (l'associazione dei fossili inclusi nelle rocce in studio non lo escludono). Poiché sembra trattarsi di una roccia originariamente di zona neritica interna, è facile far riferimento ad una roccia organogena di quel tipo già sollevata alla base del Pliocene in zona. Controllare anche ipotesi alternative nel prosieguo. Comunque sia, *se le mappe geologiche sono queste, ne consegue che la Formazione di Serrazzano può inglobare gli oggetti in studio in un modo da precisare*.

COME ARRIVANO AL CECINA E COME QUI SI DISTRIBUISCONO

Aveva ragione Genio delle Macie. E' attraverso il Botro di Montebuono che probabilmente scendono al fiume i sassi "mammellonati", che, da un controllo sul posto, si rendono ben visibili già lavorati presso il podere di Montebuono, vicini allo spartiacque del botro omonimo (**Foto 3x: da Foto 3a a Foto 3e**). La Foto 3a e 3b eseguite presso il Podere di Montebuono rappresentano mammellonati e arenarie conglomeratiche organogene o miniconglomerati (pezzi di mammellonati o parte della matrice) che, a primo impatto, sembrano costituire lo zoccolo duro su cui poggia il podere (anche se non specificato in mappa); la Foto 3c è un mammellonato, chiaramente ferito dall'aratro, affogato nel campo; la Foto 3d rappresenta mammellonati e pezzi di roccia ...

CONTINUA DOPO LE CINQUE FOTO

Foto 3a



Foto 3a
(Podere di Montebuono)

Foto 3b



Foto 3c



Foto 3d



Foto 3e



conglomeratica arenacea a cemento calcareo-argilloso organogena e pezzi squadrati di arenaria di circa un decimetro di spessore spostati al bordo del campo dopo aratura profonda (sullo sfondo il podere). Controlli successivi, lungo la faglia di Montebuono, hanno individuato questi oggetti sul versante sinistro del Botro sopra le argille azzurre (Fig.1), mentre la SRZ sullo stesso versante ma più in alto presenta ben visibili dal Cecina (Foto 4) alcune rotture di pendio biancastre nella zona dei conglomerati prevalenti (SRZc). Poco più a valle di queste piccole biancane, si trova una zona circoscritta quasi pianeggiante (contatto SRZc-litotipo mammellonati) che sovrasta una certa rottura

di pendio in macchia fitta, circa 50 metri ad est in orizzontale da una parete quasi verticale spostata verso il campo profonda più di una cinquantina di (Foto8), ben visibile sullo stereogramma dove le isoipse si avvicinano paurosamente mostrando la concavità verso il fosso (Fig.1). In tutta questa zona, in particolare nel taglio della frana quasi verticale e nella macchia ai lati appare in posto una formazione sabbiosa in bancate di 70-80 cm orizzontali o quasi (difficile a dirlo con sicurezza per la sconnessione degli strati) alternate a straterelli di arenaria e miniconglomerati concentrati più in alto (litotipo non specificato in mappa, che abbiamo chiamato **SRZm**) che contiene all'interno in maniera chiara i nostri mammellonati (Foto8) per lo più arenaci, ma anche *simili ai frammenti di roccia trovati in cima al colle* (rivedere Foto 3x). Gli strati di miniconglomerati più in alto sembrano in leggero *frana poggio*. L'SRZm si estende fino alle argille azzurre e ad ovest presumibilmente fino alla faglia; da qui essi potrebbero cadere in basso per scalzamento ad esempio delle argille alla base o per scalzamento diretto della sabbia al di sotto di essi. Così l'effetto provocato dalla traslazione verso il versante sinistro del botro delle formazioni operata dalla lunga faglia di direzione NNE-SSO (Fig.1) che sembra presentare una componente di spostamento orizzontale longitudinale, ci permette di trovare mammellonati nella sezione della forra e nella macchia adiacente ad est della faglia nella zona mappata SRZ sotto il campo. Infine qui appare chiaro anche il rapporto reciproco fra la zona SRZc e il litotipo dei mammellonati sottostante SRZm. Al contatto l'SRZm appare, al top della bancate di arenarie sabbiose, come una roccia detritica miniconglomeratica compatta fossilifera apparentemente più simile nell'aspetto al calcare detritico di Pomarance.

Foto 4

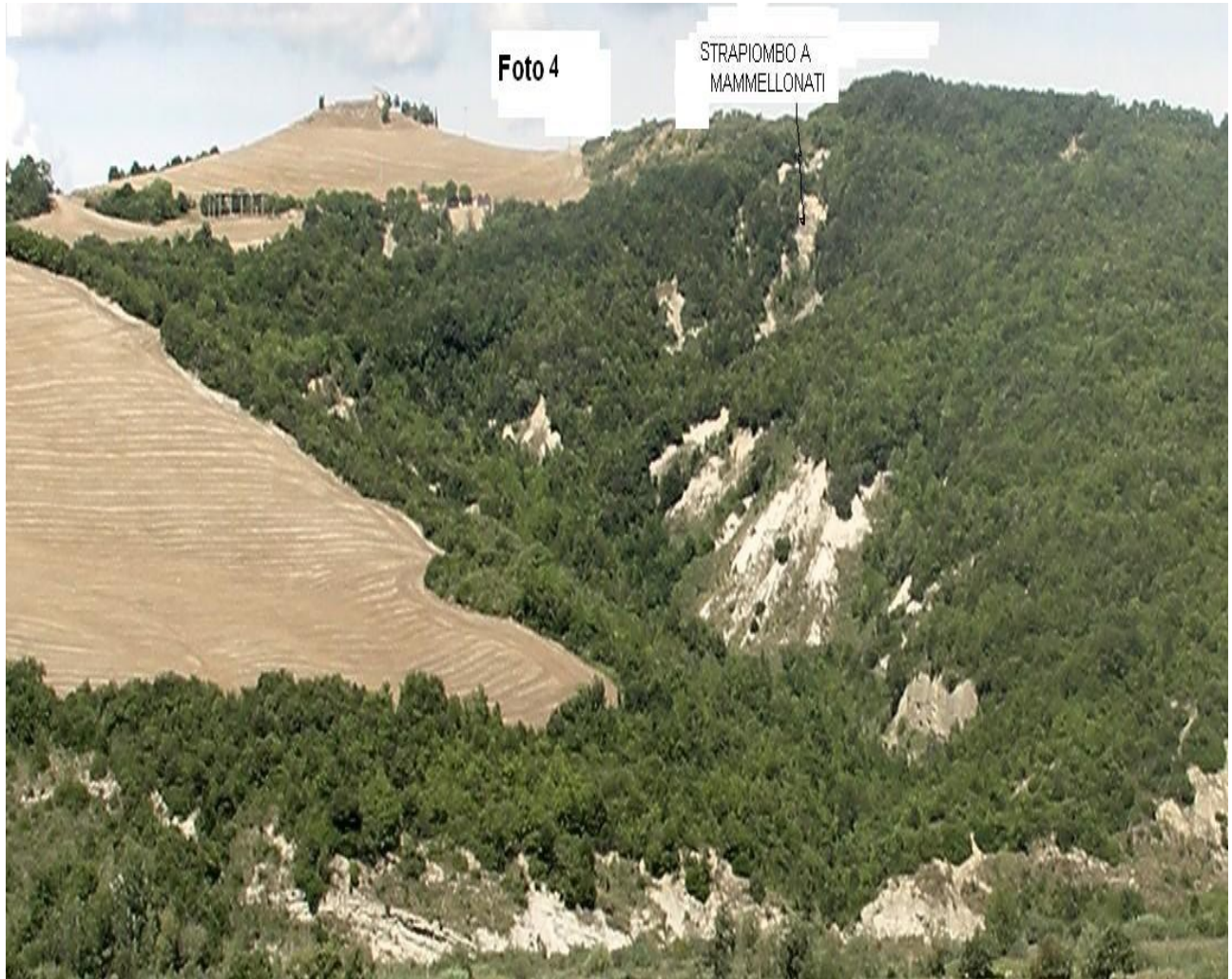


Foto 8



Da notare il cespuglio verde scuro con fiorellini: si tratta di un tappeto di *Thymus serpyllum* in fiore di qualche metro quadro (provare ad ingrandire la foto)

Foto 5



**Da notare la somiglianza apparente di questo calcare stratificato con quello detritico conchigliare di Pomarance. La piccola stele di calcare marnoso sopra è fuori luogo.
(Foto scattata qualche decina di metri ad est dello strapiombo)**

Queste osservazioni dirette ed altre al di là del potere **falsificano le ipotesi che vedono i fiumi attuali artefici e creano dubbi sulla presenza e sul reale significato della roccia organogena a Montebuono.**

La natura mossa ed accidentata della topografia in studio crea climi e microclimi e quindi piogge differenziate; può così accadere che anni di grosse piene del Cecina (es. 2005) non corrispondano a piene del nostro Botro. Solo quando detto Botro è gonfio e tumultuoso si ha una certa probabilità, vista anche la macchia fitta, che i mammellonati vengano trascinati da terriccio impregnato di acqua o rotolati fino al fiume, se disponibili. Sarebbe interessante collegare l'inizio delle escavazioni nel vicino alveo del Cecina a possibili reazioni erosive che procedano risalendo gli affluenti e quindi a rifornire di mammellonati il fiume. Anche la loro densità sembra discontinua in ogni sezione dell'alveo del Cecina nel corso del tempo: in alcuni periodi, lunghi anche qualche anno (le cause non saranno stagionali!), appaiono più abbondanti che in altri, facendo pensare probabilmente ad una alimentazione pure discontinua o forse meglio ad una mancata erosione opportuna dell'alveo. Nel corso degli anni ci sono stati accadimenti positivi di questi sassi speciali alla confluenza del fiume Cecina in attesa di essere spostati a valle dalle piene del fiume o ricoperti al loro diminuire. Esisterà così una casistica complessa, articolata nel corso del tempo secondo i picchi di piene del Botro e del fiume Cecina e della casuale disponibilità degli oggetti, che con probabilità tenderà ad accumulare i mammellonati vicino alla confluenza del fiume Cecina col Botro, diminuendo sempre più la loro densità verso valle. Si tenderà a lungo andare ad una situazione ipotetica stazionaria che non verrà mai raggiunta, per le basse "velocità di uscita" e per la lunghezza del percorso disponibile praticamente infinita. I fiumi di oggi riescono a spostare questi sassi solo molto lentamente. Osservazioni oculari da noi condotte per molti anni sulla distribuzione di densità dei nostri oggetti lungo il fiume sembrano corroborare l'ipotesi precedente. Si tratta comunque di uno dei tanti fenomeni naturali in cui il tasso di uscita di una quantità è proporzionale ad ogni istante alla quantità presente.

Nei periodi di magra, quando il fiume meandera "erodendo" il proprio letto di piena, scoprirà parte di questi oggetti lungo il suo percorso ondeggiante, generalmente sempre diversi e di diversa densità effettiva od apparente ogni anno; effettiva se la densità è davvero variata in quella sezione; apparente, se il fiume non è riuscito a scoprire di più.

COME SONO ARRIVATI NELLA FORMAZIONE DI SERRAZZANO I MAMMELLONATI ALCUNE DELLE IPOTESI POSSIBILI

Fatto certo e rilevante è che il Neoauctotono (le formazioni descritte) si è formato essenzialmente nel posto dove si trova oggi. Nei dintorni della zona, in bacini vicini, il mare era entrato ed uscito più volte sulla terra ferma durante il Pliocene approfondendo le acque o rendendole sempre più basse fino a costa. Come prima idea, è dai dintorni della zona - probabile da rilievi trasgressivi del Pliocene iniziale, costituiti *anche* da rocce simili a quelle in studio, già sollevati - che massi potrebbero essere caduti in fiumi rapidi e vorticosi per sollevamenti settoriali e per le piogge torrenziali di climi quasi equatoriali. Da notare in generale che in ambiti vicini la roccia calcarea detritico-organogena più o meno arenacea o argillosa, con il codazzo di conglomerati e miniconglomerati fossiliferi, è indizio di regressioni e trasgressioni del mare pliocenico, per cui è plausibile attribuire ad essa età diverse (dal Pliocene inferiore a quello medio), se nel corso del Pliocene si sono avvicinati vari cicli marini. Comunque è qui a Montebuono che possiamo raccontare le 'storie' espresse dalle seguenti ipotesi.

Ipotesi 1 (per azione extra ambiente di formazione). Mentre il mare tendeva a regredire, i mammellonati venivano lavorati dai vortici nelle *trappole per mammellonati* e trascinati verso il mare da mitici fiumi sempre più impetuosi per sollevamento del territorio da spostare sassi di quella mole fino ad abbandonarli a circa metà del Pliocene inferiore nella zona litorale o neritica interna qualche chilometro più a monte di Montebuono, verso sud, dove le correnti di costa stavano lavorando il materiale che li

avrebbe inglobati. Infatti da qui, dal litorale, per densi scivolamenti gravitativi, non necessariamente onde torbide, rimasero immersi più a largo in sabbie, arenarie sabbiose o arenarie conglomeratiche grossolane, materiale anch'esso scivolato magari insieme ai mammellonati per gravità nella zona di Montebuono che era allora neritico-epibatiale, poco prima dell'arrivo nello stesso bacino di colamenti di conglomerati SRZc alla fine del Zancleano. Questo litotipo complesso (Fig.5 e Fig.8) è *rinvenibile oggi* nell'area alta di Montebuono in continuità di sedimentazione sopra le argille azzurre. Le impronte sull'arenaria di base [Fig.6] dovrebbero acquistare allora il significato di *load casts* o di *impronte da vermi fossatori* in acque profonde; nel nostro caso forse è più facile associare il secondo aspetto. *Mammellonati simili a quelli della Fig.2, che richiamano il calcare detritico organogeno di Pomarance, ovvero mammellonati di natura diversa dalla roccia inglobante potrebbero corroborare l'Ipotesi 1.*

Fra parentesi notiamo che la Foto 5, scattata qualche decina di metri più ad est dello strapiombo a mammellonati (Foto 8), ci è sembrata simile, sia in colore sia in struttura e composizione al calcare detritico conchigliare di Pomarance (la corta stele di calcare marnoso subito sopra, appartiene invece agli allostromi della Formazione Marnoso-Arenacea). Questo, se vero, secondo noi aprirebbe altri interrogativi sull'analisi geologica di questa zona. Avevamo programmato un sopralluogo con l'amico Dott. Prof. Francesco Baldacci docente presso l'Università di Pisa, valente rilevatore; purtroppo nel contempo è tragicamente deceduto. Visto che non è questo l'obiettivo della nostra ricerca lasciamo ad altri di investigare.

Per la scarsità di osservazioni rilevanti e di affioramenti opportuni il controllo rimane incerto. In definitiva se il racconto è questo, probabilmente al tempo del fiume 'fossile' che avrebbe dovuto arrotondare questi sassi, si sarebbero da poco sollevati, settorialmente, rilievi costituiti dalla base trasgressiva del Pliocene con il loro codazzo di conglomerati e miniconglomerati pieni di fossili (i sassi in studio sarebbero allora del basso Pliocene inferiore), che, insieme ai rilievi ringiovaniti già esistenti costituiti dalle falde ofiolitifere avrebbero dovuto offrire materiali ad una erosione intensa e ad un vorticoso trascinamento verso il mare, cioè verso la zona in studio. I mammellonati costituirebbero un complesso roccioso inserito in una formazione del Pliocene inferiore derivato da un rimaneggiamento di materiali forniti da rilievi precedenti sempre del Pliocene finiti nella zona neritico-epibatiale o neritica esterna in qualche modo (per colamenti gravitativi, onde di torbidità,..., con scarsa classazione), insieme e forse contemporaneamente ad altro materiale lavorato precedentemente in zona intertidale o litorale che verrà a costituire la loro matrice arenaceo-sabbiosa o arenacea conglomeratica organogena.

Ipotesi 2 (per azioni diagenetiche primarie o diagenesi sin-sedimentaria e diagenetiche secondarie o diagenesi post-sollevamento). Tenendo conto o meno dell'ipotesi precedente, si immagina che i mammellonati siano l'opera di un attacco erosivo chimico-fisico post-diagenetico, su roccia già coerente, avvenuto all'interno di aree della SRZ costituite da lenti di sabbie, arenarie sabbiose o miniconglomerati organogeni, già sottoposti a diagenesi differenziata, con componenti finemente permeabili intorno a zone a grana più sottile e più consistenti. A nostro avviso una *diagenesi differenziata*, che sembra l'unica causa ipotetica invocata attualmente nelle accademie (McBride *et. alii*, 1995), è solo condizione necessaria ma non sufficiente a creare forme, in quanto il processo di soluzione, flusso e riprecipitazione del carbonato di calcio durante la diagenesi può portare probabilmente a *concrezioni casuali prive di forme specifiche con superfici a tendenza frattale*. La nostra ipotesi è che le forme vengano invece acquisite dopo diagenesi per azione erosiva sulle superfici delle concrezioni più o meno dendritiche, dopo il sollevamento. Inoltre la diagenesi avviene generalmente sotto pressione uni-direzionale e tende ad espellere H₂O per *compazione*. Invece un

ipotetico ‘filo umido’ di qualsiasi forma, dimensione e lunghezza, alto per esempio 100 m, in continuità con una pellicola pure umida appoggiata ad un oggetto, sviluppa su questo una pressione idrostatica (a 90° con la superficie in ogni direzione) di ben 10 atmosfere! Se c’è tempo a disposizione, un’azione aggressiva interna nelle tre dimensioni spaziali attraverso una pellicola umida avvolgente, con gas attivi disciolti magari sotto alta pressione (es., CO₂), appoggiata a una struttura diagenetica tridimensionale complessa, articolata e più compatta, deve tener conto dell’economia nel processo energetico.

Un’azione omogenea spaziale su un oggetto strutturalmente omogeneo tende a costruire sfere, perché la sfera è l’unico solido che ha superficie minore (minore energia) in maggiore volume. Un’azione di contatto come quella invocata tenderà a conformare oggetti o protuberanze rotondeggianti per quanto è permesso dalle tensioni interne della zona in considerazione e dalla forma e dimensioni della superficie impermeabile di partenza, funzioni della azione diagenetica. Se le zone interne alla formazione, sulle quali agisce alla periferia questa azione di *attacco attraverso una pellicola umida*, hanno consistenze proprie casualmente distribuite, è possibile immaginare la costruzione dei nostri oggetti mammellonati. Dati i meccanismi invocati, situazioni analoghe dovrebbero essersi verificate anche in formazioni diverse e in diverse epoche (es., nel *panchino* volterrano, nelle arenarie di Montescudaio e altrove). E’ da precisare che sembra facile trovare oggetti simili ai nostri solo in rocce dove l’effetto diagenetico *differenziato* risulti meno ‘congestionato’, per es. da presenze già rigide nel sedimento originale, dove la zona più compatta, *opportunamente inserita in zone più permeabili*, mostri un’adeguata sensibilità all’azione chimico-fisica interna e ci sia tempo sufficiente proporzionale alle consistenze. Per esempio, il calcare detritico organogeno di Pomarance del Pliocene medio o l’arenaria del primo Pleistocene più o meno argillosa di Montescudaio o le calcareniti talora sabbiose della Formazione di Bibbona ancora del Quaternario freddo spesso presentano forme diagenetiche a creste, drammatiche e tormentate, con costruzioni a ‘tronco o ciocco secco fortemente nodosi’ con rami tozzi di diametro fino a 3-4 cm e a noduli spigolosi a corto raggio, resti forse di animali o di costruzioni di animali marini [Foto 11a], dove l’azione fisico-chimica interna ha avuto poco gioco e per meno tempo, ovvero presentano lastre spesse più o meno piccole ed uniformi che verranno poi ‘lavorate’ a dossi allungati di qualche decimetro (*statuine di Montescudaio* [Foto 11]) o con qualche convessità e avvallamento fino a conformare talora un foro. Chiaramente il tipo litologico e il tempo a disposizione possono favorire o meno l’attacco sulle superfici diagenetiche. *Una roccia di rideposizione secondaria da colate gravitative con scarsa classazione che si trovi già sollevata nel Pliocene inferiore sembra invece molto più adatta ad essere lavorata dall’interno.*

Se è vero che da uno strato all’altro non ci sarà mediamente corrispondenza fra zone consistenti, è rilevante notare come la stratificazione possa indirizzare la meccanica di ‘costruzione’ e quindi l’altezza e la forma dei mammellonati. Ormai avvenuta la diagenesi, strati anche di pochi cm di spessore di questa arenaria grossolana plausibilmente potrebbero contenere forme sferiche o mammellonari alte al massimo come lo strato ovvero forme cilindriche basse a bordi smussati. Talora la parte più competente sembra attraversare uno più strati; in effetti è plausibile che questi piani di taglio, anche se spesso paralleli alla stratificazione, non siano tracce di strati, ma più recenti per cui appaiono spesso ben netti e scarsamente arrotondati (Foto 7, basso *segmento sferico* senza il sotto che è franato). In questo contesto si possono prevedere, tenendo conto dell’approssimazione delle forme naturali, ora semisfere debolmente saldate lungo il piano di taglio (Foto 9), ora *segmenti sferici* più o meno appiattiti separati da basse *zone sferiche* di vari diametri a guisa di “coperchi per tombini” di fatto molto ben riusciti, ora forme complesse ‘affettate’ in corrispondenza delle tracce dei piani, oggetti non rari nelle rocce in studio; più raramente ‘spicchi’ o *lunule sferiche* che possono interessare anche i singoli globi dei mammellonati complessi. Talora il piano di taglio non riesce a separare completamente le parti lasciando sulle superfici residui miniconglomeratici. Il nostro immaginario ‘filo umido’ potrebbe così con continuità attraversare strati, piani di taglio, fratture laterali, filtrando poi attraverso zone più

permeabili fino ad attivare i primi 'ricami' al top o al bordo delle zone diagenicamente più consistenti, tendendo poi ad arrotondare uniformemente alla base (Foto 3d e Foto 3e). *E' lo stesso processo che trasforma una lastra, anche di calcare marnoso (presente a Montebuono in olistostromi) , per es. a base triangolare, disegnata da fratture all'interno di uno strato, in una figura lavorata, come nella Foto 10 o una stele di calcare marnoso scuro a forma di parallelepipedo, alto circa un metro e mezzo, nel 'nero inquisitore' della Foto 1f a sinistra.*

*Questi aspetti e la diffusione di fenomeni analoghi in analoghe formazioni anche di età diversa potrebbero corroborare l'ipotesi post-diagenetica di attacco interno successivo (l'ipotesi 2). Le statuine di Montescudaio alte circa 20 cm (Foto.11) forniscono indizi sul perché non in tutte le formazioni analoghe si rinvenivano oggetti simili ai nostri. **Per altre ipotesi vedere la nota 21.***

Foto 7 e Foto 9



Foto 10



Epilogo - Terminiamo questo primo approccio concludendo come la Natura, a differenza del mondo fisico-tecnico inventato e ‘addomesticato’ dall’uomo e circoscritto nel tempo e nello spazio, non agisce, come si pensa normalmente, secondo forze guidate dalla chimica e dalla fisica, ma che in effetti, come afferma Wolfram, inventore del potente software Mathematica, nel suo ultimo libro “A new Kind of Science”, essa “costruisce” se stessa evolvendo secondo un suo software che agisce con forme per lo più frattali elaborando alberi e nubi, aurore e tramonti, le forme dei boschi e delle montagne, dei fiocchi di neve, delle tempeste e le forme degli animali, delle opere d’arte, delle donne e degli umani in genere ed infine anche dei nostri oggetti mammellonati. Questo software assomiglia a quello inventato da Wolfram che sarebbe interessante riuscire ad usare per costruire un programma che “calcoli” e disegni oggetti mammellonati come fece la Natura, inserito in un racconto possibile su come la Natura possa costruire opere d’arte giocando stranamente con le *Sezioni Auree* (Livio, 2003). Avevamo iniziato a fare misure statistiche sugli oggetti per individuare parametri rilevanti, ma, poi, per mancanza di stimoli esterni abbiamo abbandonato. E’ il cosmo che fornisce idee per l’artista, che partecipa al cosmo come una delle sue parti, in maniera diretta o mediata (archetipi, idee psicogenicamente acquisite ...). C’è una specie di continuità reversibile fra i modi complessi della Natura e quelli dell’artista (Moore, 1995; Moore, 2002), a differenza del rapporto Natura-Scienza che appare più discontinuo (dal complesso al semplice) (Wolpert, 1996), anche se nella prospettiva di un *relativismo ontologico* le due concezioni del mondo, Arte e Scienza, sembrano reali nella stessa misura (Feyerabend, 1991). Forme della natura possono così attivare l’artista a creare opere d’arte. I mammellonati più di altre o diversamente da altre possono catalizzare in maniera più indirizzata e precisa. Ma queste sono altre storie.

Foto 11



RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il Presidente della Comunità Montana, prof. Francesco Gherardini sempre disponibile ed il dott. Testa della Provincia di Pisa da lui interpellato, per aver fornito la carta geologica della zona in studio. Ringraziano il Comandante dei vigili Giorgio Ricciardi per aver messo a disposizione dati, carte e specialmente entusiasmo culturale. Si ringraziano i chimici Luciano Mannucci e Paolo Mazzinghi per i suggerimenti. Un ringraziamento al dottore ed amico Pier Domenico Burgassi, già Direttore del Museo della Geotermia di Larderello, libero professionista in “Energia rinnovabile ed ambiente” e direttore del Museo “Le energie del territorio”, per essersi interessato più volte delle questioni a lui sottoposte sull’argomento ed aver cercato pubblicazioni sulle formazioni in studio. Un ringraziamento particolare infine al **Professore Universitario Francesco Baldacci**, docente presso la facoltà di Scienze Geologiche dell’Università di Pisa, amico da sempre, per aver cercato e fornito pubblicazioni specifiche, suggerimenti e disponibilità.

Dott. Giacomo Pettorali – Dott. Piero Pistoia

BIBLIOGRAFIA E NOTE

- [1] P. Pistoia “La Teoria e la Realtà”, in Didattica delle Scienze N 167, Ottobre 1993, Editrice La Scuola, Brescia.
- [2] K. Popper “Tutta la vita è risolvere problemi”, Rusconi, 1966 e P. Pistoia – G. Scarciglia “Alcuni aspetti del pensiero di K. Popper”, Il Sillabario N.3, 1999.
P. Feyerabend “Contro il metodo”, Lampugnani Nigri, 1973 e P. Feyerabend “Ambiguità ed armonia” Laterza, 1976.
- [3] P. Pistoia “Frattali, logica e senso comune” in Didattica delle Scienze N 177, Feb. 1995, editrice La Scuola, Brescia.
- [4] L. Wittgenstein “Ricerche filosofiche I”.
- [5] A. Koyre “Galileo e Platone” in Radici del Pensiero Scientifico, Feltrinelli, 1977.
Il pensiero di Galileo nella cultura italiana è stato a lungo male interpretato e in particolare stravolto un aspetto importante del suo metodo scientifico (Galileo era un fisico teorico non un empirista tout court), chiaramente espresso nelle sue parole sulla teoria eliocentrica di Copernico “..., né posso abbastanza ammirar l’eminenza dell’ingegno di quelli che l’hanno ricevuta e stimata vera ed hanno con la vivacità

dell'intelletto loro fatto forza tale a i proprii sensi, che abbiano possuto antepor quello che il **discorso** gli dettava, a quello che le **sensate esperienze** gli mostravano apertissimamente in contrario” e più avanti “..., non posso trovar termine all'ammirazione mia, come abbia possuto in Aristarco e nel Copernico far la **ragione tanta violenza al senso** che contro a questa ella si sia fatta padrona della loro credulità” (Dialogo dei massimi sistemi 3^a giornata in Galileo, Opere, Vol. III, pgg. 81-82, Salani, 1964).

- [6] Heinz Von Foerster “Inventare per apprendere, apprendere per inventare” in Il Senso dell’Imparare, Anabasi, 1994.
- [7] A.V. “Il Caos – Leggi del disordine” Le Scienze, 1991.
- [8] M. Livio “La sezione aurea” Ed. Mondolibri, Milano, 2003.
- [9] Per tutti i riferimenti geologici e per la descrizione delle formazioni a cui facciamo riferimento abbiamo consultato le seguenti pubblicazioni: A. V. “Note illustrative della carta geologica d’Italia (1:50000)”, la relativa carta geologica di Pomarance Foglio 295 e le note illustrative associate alle carte geologiche della Provincia di Pisa (1:10000), anni 2000-2002.
- [10] Useremo il prefisso *mini-* al posto di *micro-* (10^{-6} m) più frequente nella letteratura, ma in questo caso contraddittorio nel significato. Poiché nei conglomerati entra sempre una componente granulometrica più fine, *conglomerato* si dice di una roccia ad elementi per lo più arrotondati (altrimenti si tratta di *brecce*) in cui quelli superiori a 2 mm costituiscono almeno il 50% del volume totale; *conglomerato arenaceo* dal 49 al 25%; *arenaria conglomeratica* sotto il 25%. I conglomerati si dicono *polimictici* (o poligenici) se contengono elementi di dimensioni diverse e ciottoli di litotipi diversi talora metastabili (es., ciottoli calcarei, pezzi di argilla, ofioliti...) in matrice riccamente arenacea o argilloso-calcareo (altrimenti *oligmictici*). I polimictici, rilevanti per le rocce in studio, sono indicativi di un’erosione molto attiva di territori in corso di sollevamento e rimandano spesso ad agenti di trasporto *primari* molto rapidi e tumultuosi (corto ciclo erosivo) e *secondari* da ascrivere a *correnti di torbidità* molto dense che scorrono sul fondo o altri colamenti gravitativi. I polimictici in generale possono contenere così anche elementi meno lavorati (per es., quelli strappati durante il colamento o comunque i metastabili). E’ da ricordare che a causa della flocculazione in ambiente marino, la sedimentazione del materiale argilloso avviene piuttosto rapidamente anche *poco a largo della foce di un fiume*, oltre naturalmente nelle zone profonde e distali
- [11] *Le Macie* è un podere del Comune di Pomarance (Pi) sulla riva sinistra del Cecina subito al di sopra della piana alluvionale, proprio davanti al Botro di Montebuono.
Montebuono è un podere nel Comune di Volterra (Pi) situato in linea d’aria a metà della congiungente Volterra-Pomarance.
- [12] D. Antiseri “L’articolo scientifico è un’impostura”, in Didattica delle Scienze N67, Gennaio 1977, Editrice La Scuola, Brescia.
- [13] *Groove cast* dovute a tracce cilindriche allungate concave che si incrociano prodotte da trascinamento sulla melma (muddy) di oggetti *mai trovati*, o da dense *spasmodic currents* o *flute casts* in acque profonde, o da *load casts* provocate dal carico degli strati sopra l’argilla, o da *casts* positive da *vermi fossatori* abitanti anche le profondità abissali.
- [14] Da ricordare che la *zona neritica* raggiunge la profondità max di circa 200 m dal livello del mare, a partire da quella *litorale e intertidale* (zona bagnata dall’escursione di marea); la *zona batiale* la profondità di circa 2000 m; al di sotto si estende quella *abissale*.
- [15] Henry Moore “Sulla scultura”, Abscondita, 2002; H. Moore “Gli ultimi 10 anni”, Skira editore, 1995; John Hedgecoe “Henry Moore - A Monumental Vision”, Evergreen, 2005.
- [16] L. Wolpert “La natura innaturale della scienza”, Dedalo, 1996.
- [17] P. Feyerabend “Dialogo con la Natura”, in Prometeo, Maggio 1991.
- [18] La Formazione di Serrazzano viene siglata SRZc, quando presenta in specie nella parte più alta (o più bassa) una prevalenza di lenti di conglomerati provenienti dalla zona dei flysch liguri più a sud, a ciottoli di svariate composizione e dimensioni (mediamente 6-10 cm) talora fin oltre il metro, *lavorati dal mare per alcuni autori*, a matrice argillosa o argilloso-sabbiosa o miniconglomeratica. Per il significato della sigla SRZo (*olistostromi*) ed altro vedere nota [9]. Nella Foto5 la stele indica un allostroma vicino.
- [19] Sembra facile trovare oggetti simili ai nostri solo in rocce dove l’effetto diagenetico *differenziato* risulti meno ‘congestionato’, per es., da presenze già rigide nel sedimento originale e la zona più compatta mostri un’adeguata sensibilità all’azione chimico-fisica interna. Per esempio, il calcare detritico organogeno di Pomarance del Pliocene medio o l’arenaria più o meno argillosa di Montescudaio del Quaternario freddo spesso presentano forme diagenetiche a creste, drammatiche e tormentate, con costruzioni a ‘tronco o ciocco secco fortemente nodosi’ con rami tozzi di diametro fino a 3-4 cm e a

noduli spigolosi a corto raggio, resti forse di animali o di costruzioni di animali marini [Foto11a], dove l'azione fisico-chimica interna ha avuto poco gioco, ovvero presentano lastre spesse più o meno piccole ed uniformi che verranno poi levigate a dossi allungati (*statuine di Montescudaio* [Foto11]) o con qualche convessità e avvallamento fino a conformare talora un foro. Chiaramente il tipo litologico e il tempo a disposizione possono favorire l'attacco sulle superfici diagenetiche. *Una roccia di rideposizione secondaria da colate gravitative con scarsa classazione sembra invece molto più adatta ad essere lavorata dall'interno.*

[20] Earle F. McBride, ed altri sette accademici "Heterogeneous Distribution of Calcite Cement at the Outcrop Scale in Tertiary Sandstones, Northern Apennines, Italy, AAPG Bulletin, V. 79, No 7 (July 1995), P.1044-1063.

[21] ***Ipotesi 3 (per azioni sin-sedimentarie).*** Infine, se non vogliamo ipotizzare che gli oggetti mammellonati in studio siano stati opera dell'azione fluidodinamica di qualche corso fluviale, possiamo argomentare sulla seguente ipotesi. L'ipotesi è suggerita da osservazioni attuali, lungo torrenti che scorrono sull'SRZ, di sferette di argilla di vari diametri che inglobano piccoli ciottoli e *granuli* di svariate dimensioni e sabbie. Vicino alla costa (forse in zona intertidale o litorale) venivano lavorati intensamente e raccolti da onde, maree e altre correnti marine detriti più o meno minuti insieme a fossili marini abbondanti. Questo materiale subì scivolamenti, senza conformare necessariamente onda torbida, su superfici inclinate di natura argillosa o calcareo-arenacea. Un fango, costituito da ciottoli più o meno minuti e frammenti numerosi di fossili di svariate dimensioni impastati in argilla e melma calcarea, ora scivolava ora rotolava a guisa di palle, a ondate successive, sotto l'interazione della gravità, di tensioni superficiali opportune e della pressione isotropa che alleggerisce, con aumento di volume fino a quando la componente gravitativa rimase attiva. Esempi si trovano in letteratura di oggetti globulari di varie dimensioni e natura che forse potrebbero avere aspetti comuni. Questa materia si accumulò dove cessava tale componente e qui palle sovrapposte o accostate diagenizzavano in abbozzi mammellonari *compatti* d'arenaria o arenaria conglomeratica in pasta più o meno argillosa-calcarea inglobati isolati in arenarie sabbiose o conglomerati arenaci organogeni più o meno *permeabili*. Rompendo i mammellonati, ad oggi, non abbiamo individuato all'interno, almeno ad occhio, traccia di superfici di contorno dei globi, per cui l'Ipotesi 3 per ora *deve essere messa da parte*, direbbe Feyerabend, in attesa di ulteriori sviluppi.

Ipotesi 4-Accenniamo ad un'ultima ipotesi, abbastanza fantasiosa ed articolata (contraddetta dallo *stato dell'arte* attuale ovvero dalla convinzione acritica di oggi), ultima, ma non per plausibilità se esistesse davvero sopra l'SRZ una formazione conglomeratica di costa nella zona di Montebuono *datata Pliocene medio* indizio di una regressione del mare forse in vicinanza di una foce fluviale. Poco prima del Zancleano potremmo, in prima istanza, considerare di trasgressione le sabbie e l'altro materiale del miniconglomerato arenaceo calcareo-organogeno lavorato vicino alla costa cui saranno associati in qualche modo i nostri sassi in studio. Il mare continua ad entrare nel corso del pliocene medio inferiore procedendo nel ciclo, per cui i mammellonati ed il materiale che li ingloba si ritrovano in acque profonde e qui completano la diagenizzazione. Successivamente ad un certo punto del Pliocene medio, nel cuore del *Piacenziano*, il mare sarebbe regredito di nuovo, terminando il ciclo con formazione del conglomerato di regressione di Montebuono (finora non riconosciuto come tale), che rimarrà al di sopra dell'SRZ fino ad oggi. Formazioni rocciose sabbioso-arenacee piacentiane poco più a nord sembrano contenere oggetti simili ai nostri. Anche in luoghi vicini più a sud iniziò un altro ciclo marino alla fine del Zancleano sopra la formazione di Serrazzano che si sarebbe concluso nel Pliocene medio (calcareo-detritico-organogeno di Pomarance posto al di sopra della detta formazione e siglato nelle mappe SDA01).

Foto altro cippo (fto Dante Ghilli)



Foto CIPPO RIPAIE del Villanoviano (Fto Dante Ghilli)



