

# Meteoriti, vecchi e nuovi orizzonti

Marco Morelli & Daniela Faggi

Museo di Scienze Planetarie - Fondazione ParSec



## Il Museo di Scienze Planetarie



## Il Museo di Scienze Planetarie

Il Museo di Scienze Planetarie ospita la maggiore collezione italiana di meteoriti per qualità estetica, valore scientifico e numero di campioni catalogati secondo gli standard ICCD. Inoltre, il Museo è repository ufficiale per la conservazione di beni planetologici quali, ad esempio, olotipi di meteoriti classificate presso il Museo stesso. La struttura, all'interno di ambienti opportunamente climatizzati, possiede armadi da laboratorio dotati di sistemi per la regolazione dell'umidità interna, indispensabili per una corretta conservazione del materiale extraterrestre.

La Collezione di Meteoriti, nata oramai venti anni fa principalmente con l'acquisto di campioni di rilevanza estetica e scientifica, è oggi in forte crescita grazie a nuove acquisizioni che avvengono attraverso il servizio di classificazione di nuovi campioni, acquisti, scambi e l'organizzazione di spedizioni scientifiche.

Da circa un anno, infine, il Museo si è posto tra gli obiettivi primari l'acquisizione di meteoriti italiane che, a oggi, sono divenute molto rare sul mercato e di difficile reperibilità anche tra collezionisti private e musei.

Negli ultimi trent'anni, la ricerca di meteoriti ha avuto un grande incremento sia per l'interesse scientifico sempre maggiore di cui sono oggetto le rocce extraterrestri, sia per la crescente domanda di musei e collezionisti che ormai alimenta un fiorente mercato di campioni provenienti da tutto il mondo.

Alla classica ricerca sul campo sviluppata, fino a tempi recenti, per lo più in deserti caldi e ambienti glaciali, negli ultimi anni si sono affiancate ricerche sistematiche basate su dati strumentali di reti di tracciamento dei bolidi, su dati storiografici di cadute o ritrovamenti storici e su dati geologici petrografici e stratigrafici.

In questo modo, sono aumentati i ritrovamenti di meteoriti appena cadute o di nuovo materiale extraterrestre caduto in tempi storici o nel lontano passato.

Al di là di quanto fatto finora, infine, alcuni recenti curiosi ritrovamenti sono destinati a stravolgere la ricerca di meteoriti aprendo nuovi ampi inaspettati orizzonti.

# La ricerca di Meteoriti

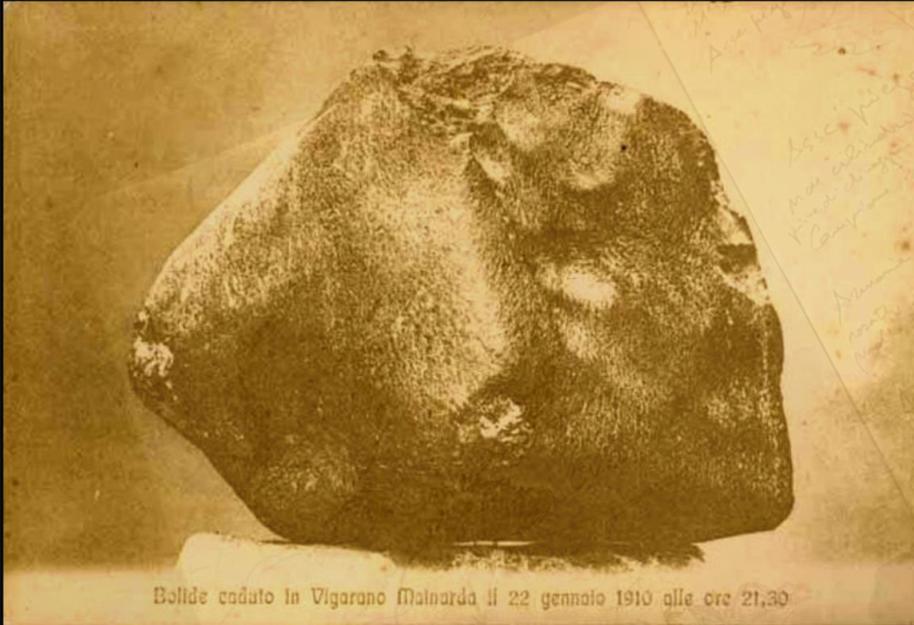
## Ricerche “storiche”

- Ricerca e acquisizione di campioni di interesse storico in possesso di privati, musei o altre istituzioni;
- Analisi e revisione della classificazione di campioni di origine incerta;
- Ricerche storiografiche e documentarie relative a eventi storici di interpretazione incerta.

## Ricerche “attuali”

- Spedizioni scientifiche in aree desertiche;
- Ricerche sul campo in *strewn field* di vecchie cadute (rielaborazione fonti storiche);
- Successioni stratigrafiche e paleometeoriti
- Fall
- Citizen Science

Ricerche Storiche - Collezionisti, collezioni, privati  
La Meteorite di Vigarano (Cariani)



Bolide caduto in Vigarano Mainarda il 22 gennaio 1910 alle ore 21,30



# Ricerche Storiche - Revisioni della classificazione

## La Meteorite di Lodi

4 giugno 1972

IL DIARIO DELLA FIRENZE

A Caviaga, nel Lodigiano, una donna vede precipitare «qualcosa» dal cielo.

### Sfiorata: era un meteorite

Funava ancora quando l'ha raccolto - E' caduto ad una ventina di centimetri da lei e dalla sua bambina, mentre passeggiavano nel cortile - Pesa circa un paio di kg.

CAVAGA — Maria Bambina Talga, con i suoi bambini, mentre indica il punto dove ha trovato la pietra fumante. Nel titolo, il meteorite caduto nella cascina Doso, quasi toccando la donna che lo ha raccolto. In quel momento passeggiava in cortile con la figlioletta Margherita.

**Lodi (Italy) 1972: A cold meteorite case closed**

**Annarita Franza**  
Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Via G. La Pira, 4. I-50121 Firenze.

**Daniela Faggi**  
Fondazione Parsec, Via Galcianese, 20/H. I-59100 Prato.

**Marco Morelli**  
Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Via G. La Pira, 4. I-50121 Firenze.

**Giovanni Pratesi**  
INAF-IAPS, Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Via Fosso del Cavaliere, 100. I-00133 Roma.  
E-mail: giovanni.pratesi@unifi.it (corresponding author)

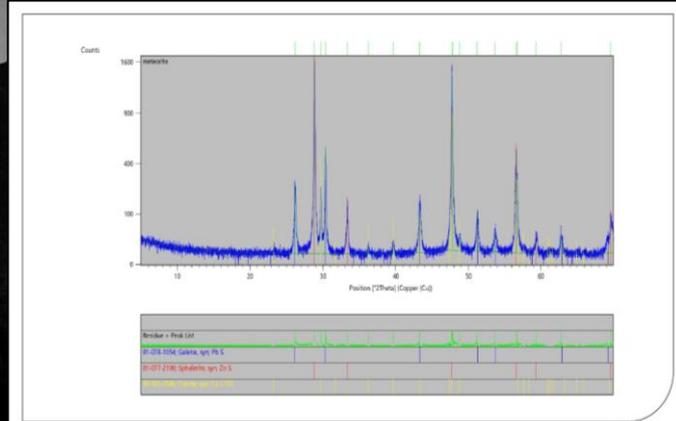


Fig. 3. X-ray powder diffraction pattern showing the peaks of calcite, sphalerite and galena.

## Ricerche Storiche - Eventi storici La Meteorite Marsala



*Meteoritics & Planetary Science* 1–15 (2021)  
doi: 10.1111/maps.13654

### To be or not to be, that is the question: The Marsala meteorite (Italy, 1834) and the role of the doubtful meteorites in the history of meteoritics

Annarita FRANZA<sup>1</sup>, Marco MORELLI<sup>2</sup>, Daniela FAGGI<sup>2</sup>, and Giovanni PRATESI<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth Sciences, University of Firenze, via G. La Pira 4, 50122 Florence, Italy

<sup>2</sup>Fondazione PARSEC, Via Galcianese 20/h, 59100 Prato, Italy

<sup>3</sup>INAF-IAPS, Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali, Via Fosso del Cavaliere 100, 00133 Rome, Italy

\*Corresponding author. E-mail: giovanni.pratesi@unifi.it

(Received 18 January 2021; revision accepted 24 March 2021)



Fig. 2. Olaus Magnus (1490–1557) 1555 engraving of rain of fish—16th century engraving from a description of the northern peoples.

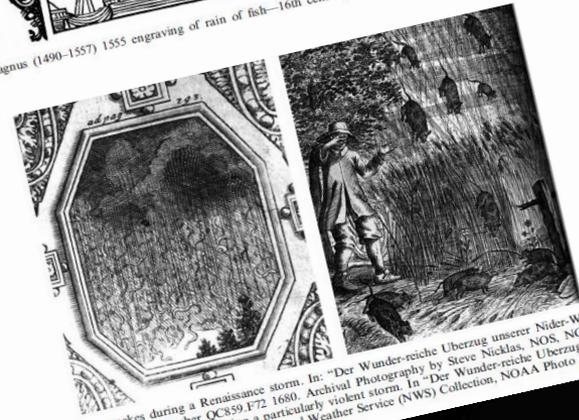
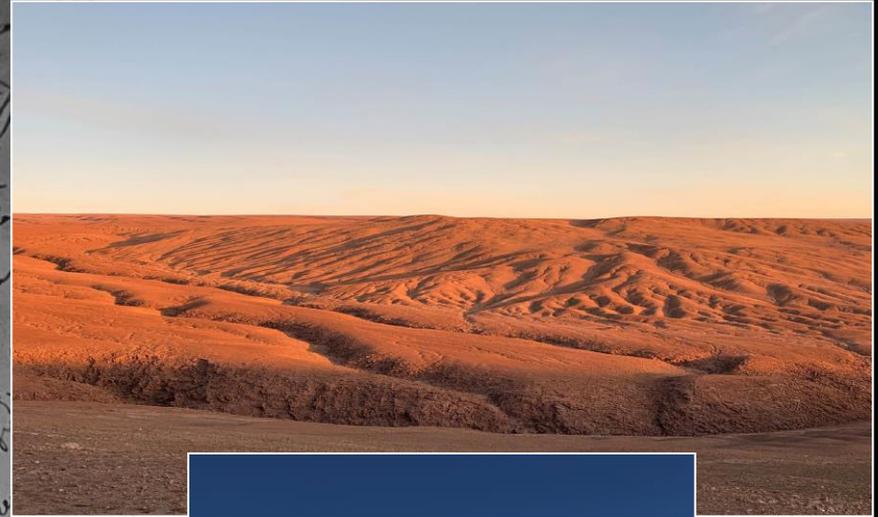


Fig. 3. Left) Raining snakes during a Renaissance storm. In: "Der Wunder-reiche Uberzug unserer Nider-Welt..." by Erasmus Francisci, 1680. Library Call Number QC859.F72 1680. Archival Photography by Steve Nicklas, NOS, NGS. - NOAA Photo Library: weat2218. Right) Raining rats during a particularly violent storm. In: "Der Wunder-reiche Uberzug [sic] unserer Nider-Welt..." by Erasmus Francisci, 1680. NOAA's National Weather Service (NWS) Collection, NOAA Photo Library.

## Ricerche Attuali – Spedizioni Scientifiche

Libia, Mauritania, Yemen, Egitto, Algeria, Cile...



Ricerche Attuali – Ricerche sul campo di cadute storiche  
 La Pioggetta di Sassi di Siena

**SOPRA**  
**UNA PIOGGETTA DI SASSI**  
 Accaduta nella sera de' 16. Giugno  
 del MDCCXCIV.  
 IN LUCIGNAN D' ASSO NEL SANESE  
**DISSERTAZIONE**  
 DEL  
**P. D. AMBROGIO SOLDANI**  
 ABATE CANALDOLESE, E PUBBLICO PROFESSORE  
 DI MATEMATICHE NELL' UNIVERSITA'  
 DI SIENA  
 DEDICATA A SUA ECCELLENZA  
**FEDERICO HERVEY**  
 CONTE DI BRISTOL, VESCOVO DI DERRY,  
 CONSIGLIERE SEGRETO DI S. M.  
 BRITANNA ec. ec.

IN SIENA 1794

Per Francesco Rossi Stamp. Comunit. ed Arcivescovile  
 Con Approvazione.

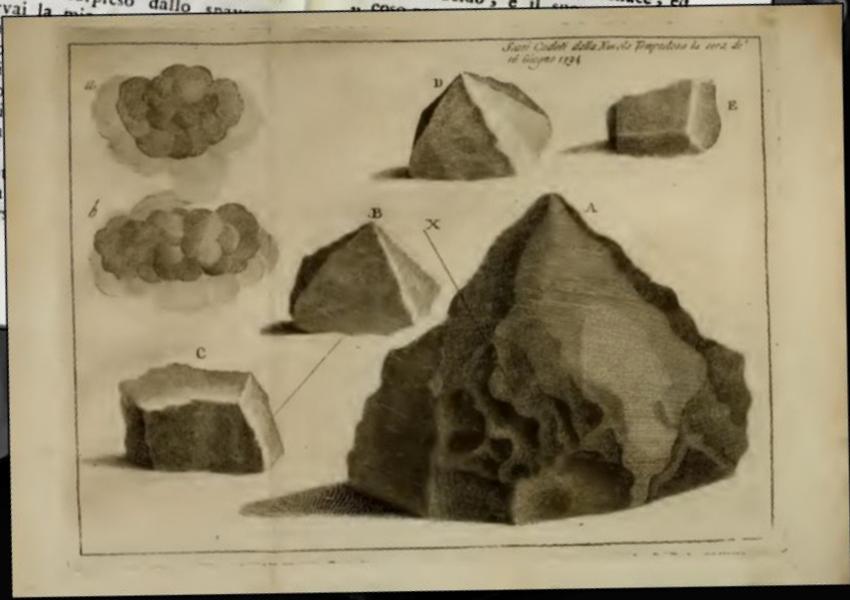
23 Nov  
 20° 59' 49.6  
 M. 50.0h  
 Asse per

26

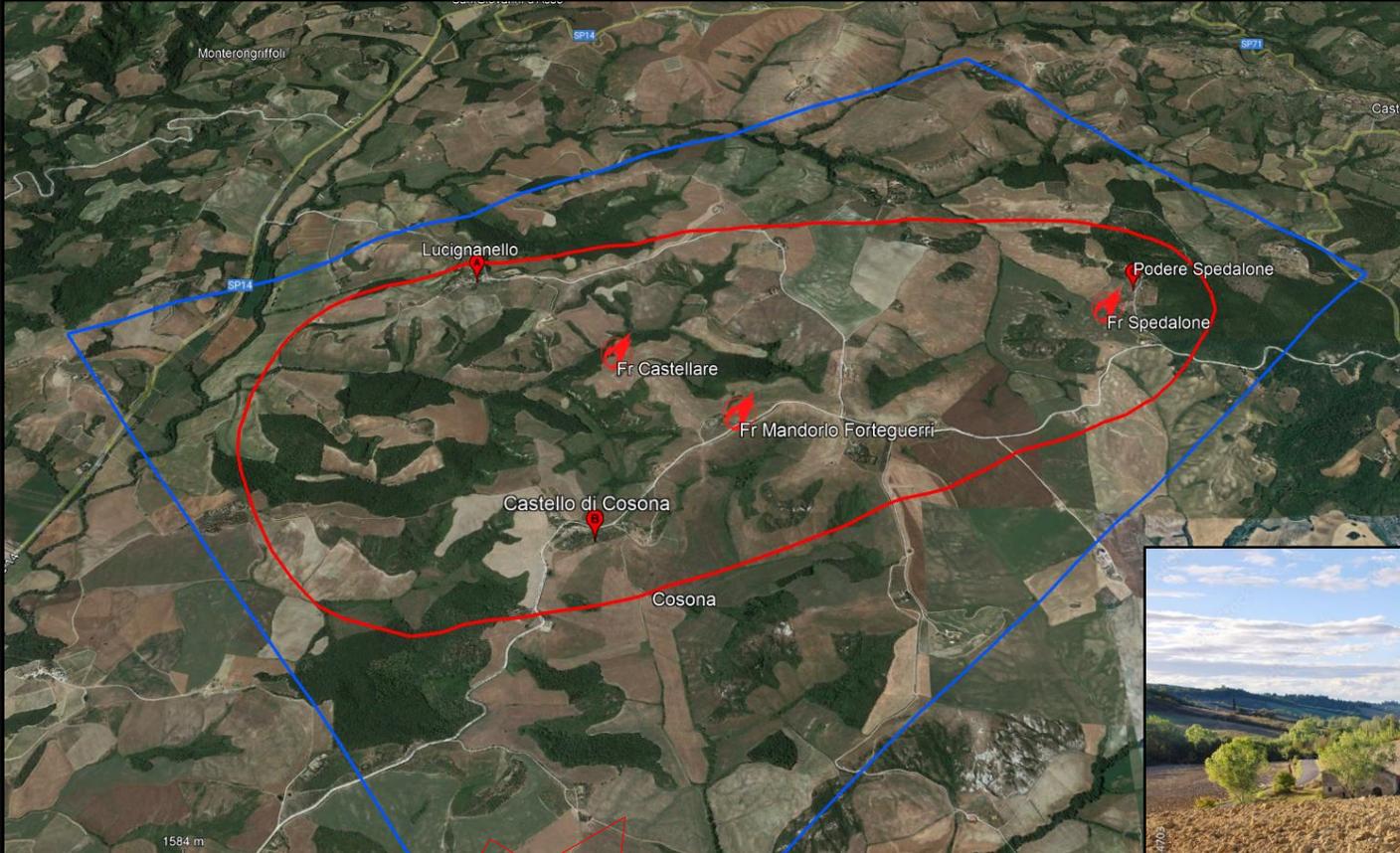
**'DISSERTAZIONE**  
 „ Salviano de' RR. MM. di Monte Oli-  
 „ veto Maggiore, distante in linea retta  
 „ da Levante in Mezzogiorno da Pienza  
 „ circa quattro miglia: uno da Cosona,  
 „ e Lucignano in Ponente, e due da  
 „ San Giovan d' Asso in Tramontana,  
 „ essendo già le sette, e 25. minuti, sen-  
 „ tii un' esplosione simile ad una canno-  
 „ nata, ed in seguito altre fino al num.  
 „ di sette distinte una dall'altra, e su-  
 „ bito provai una gravezza, e su-  
 „ mozione d'aria accompagnata da uno  
 „ striscio, o fragore simile alle palle  
 „ d'archibuso, ma molto più orribile,  
 „ e spaventevole, che andava verso il  
 „ Mezzogiorno in Ponente per la val-  
 „ lata tra Cosona, e Lucignano.  
 „ Sebbene sorpreso dallo spav-  
 „ osservai la pioggetta  
 „ incen-  
 „ punto  
 „ nare  
 „ tempo  
 „ esplos-  
 „ che la  
 „ rigesse  
 „ di Sant  
 „ (antica  
 „ ora ver

27

**PARTE PRIMA:**  
 „ da esplosione tre furono i colpi si-  
 „ mili al cannone, e circa 25, o 30  
 „ non tanto distinti uno dall'altro, e  
 „ più piccoli, ma a guisa d'una bat-  
 „ teria di mortari, o di fuochi d'ar-  
 „ tificio: allora osservai, che avanti  
 „ qualunque scoppio formavasi un glo-  
 „ bo bianco, e poi aprivasi un glo-  
 „ quest'apertura nasceva il tonfo, e da  
 „ la commozione dell'aria, e rimane-  
 „ va così incendiata la nuvola in gui-  
 „ sa che due terzi mutarono il color  
 „ fosco in un bianco infuocato.  
 „ Allora formossi nel punto *δ* quasi  
 „ un carino d'un infocata fornace, ed  
 „ il suo lucido, e il suo

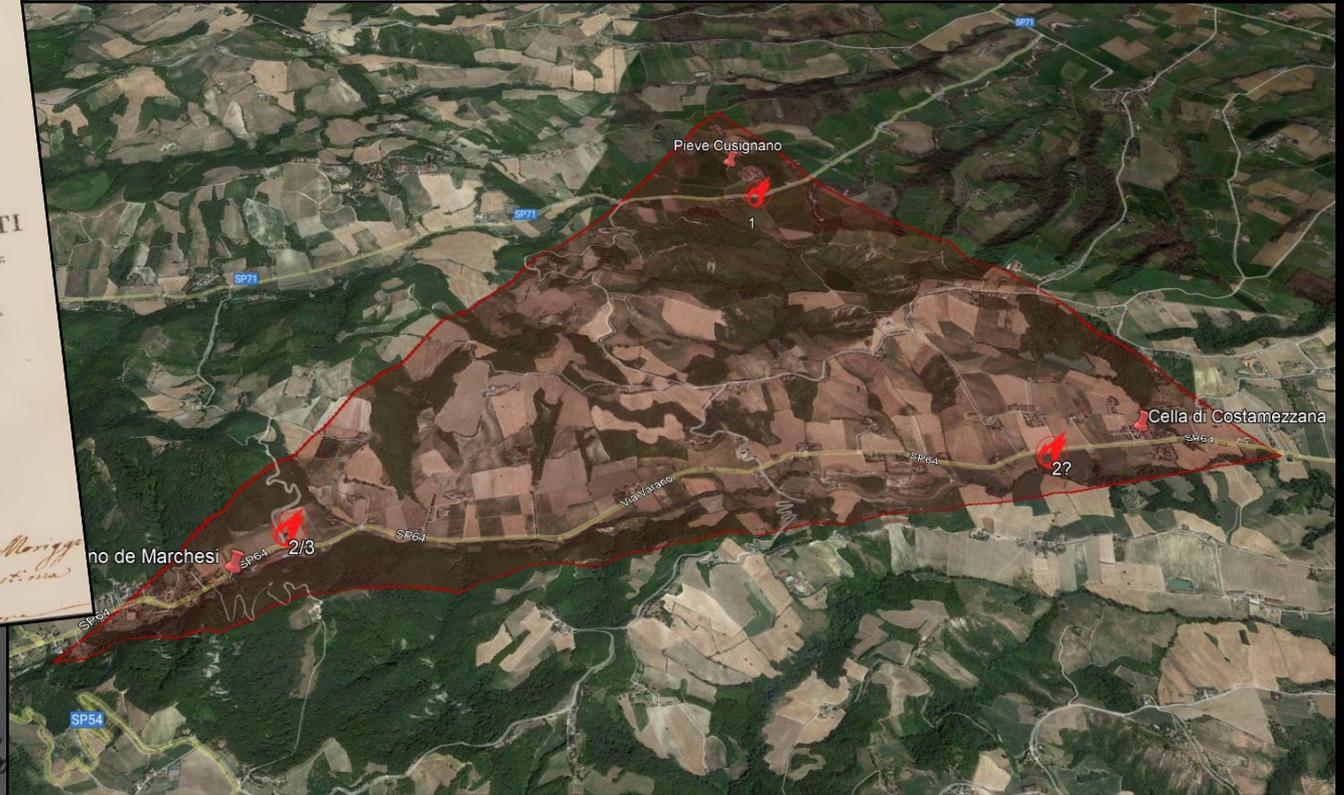
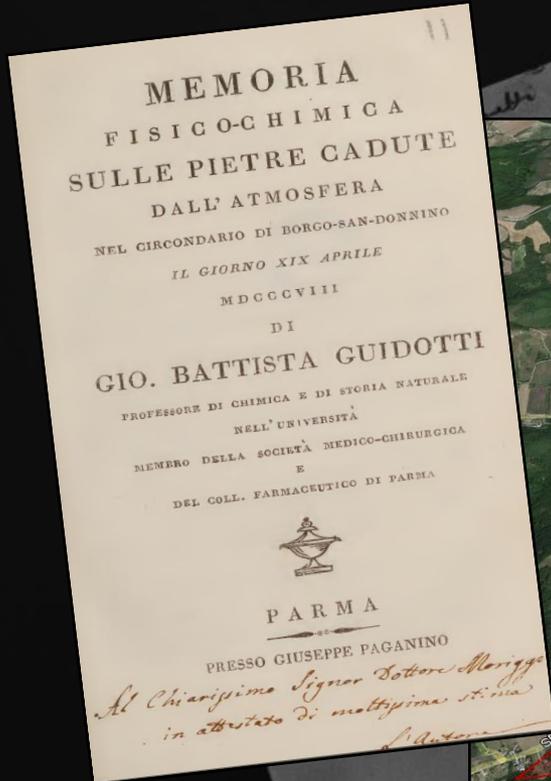


Ricerche Attuali – Ricerche sul campo di cadute storiche  
La Pioggetta di Sassi di Siena

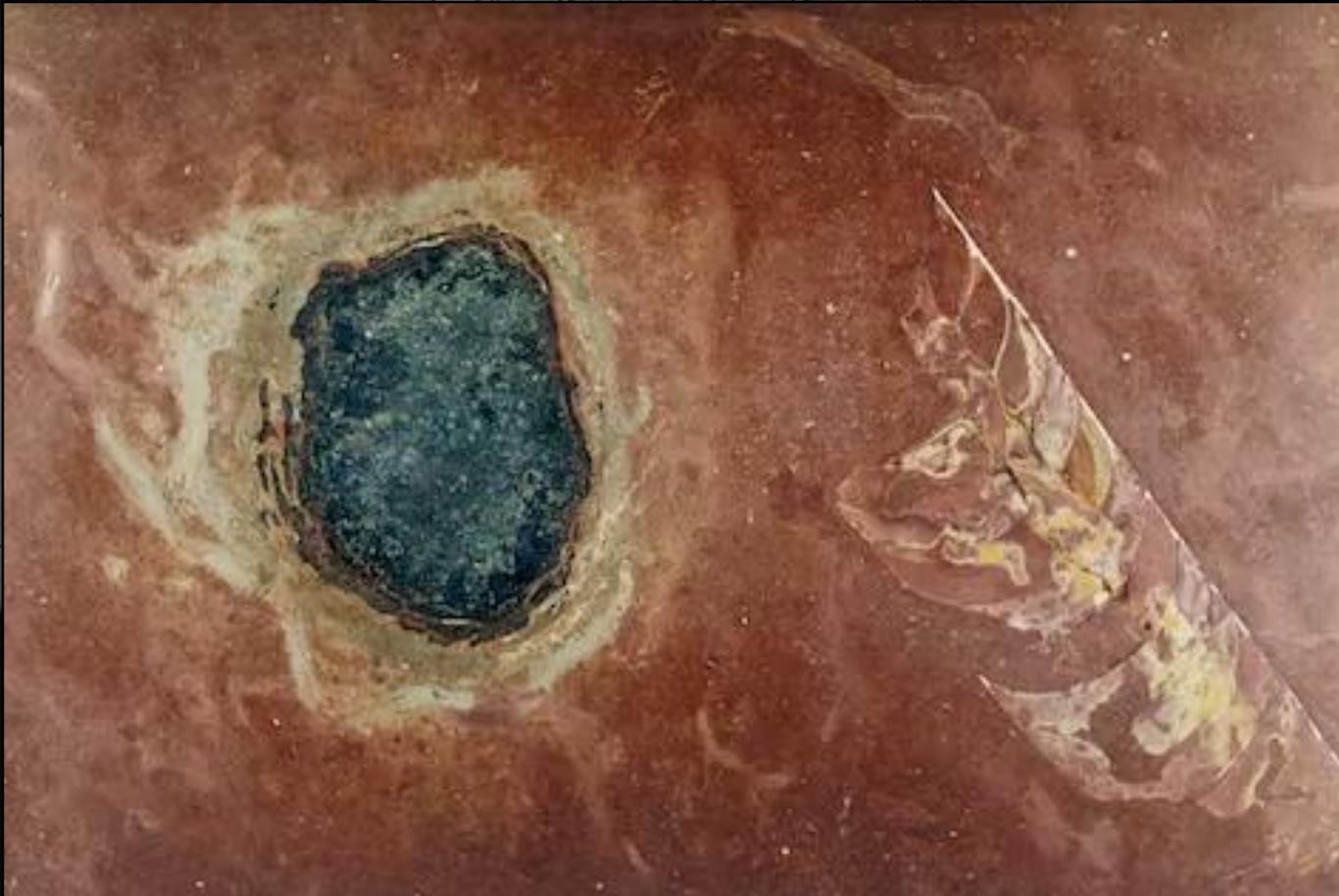


È fondamentale selezionare i siti in  
relazione alle caratteristiche della  
meteorite e della caduta

Ricerche Attuali – Ricerche sul campo di cadute storiche  
Le pietre di San Donnino cadute dall'atmosfera



Ricerche Attuali – Successioni stratigrafiche e paleometeoriti  
Dall'Ordoviciano all'Oligocene



# Ricerche Attuali – Successioni stratigrafiche e paleometeoriti Dall'Ordoviciano all'Oligocene

## Possible crystalline gastroliths of large marine Vertebrata from Oligocene pelitic sediments of the Northern Apennines, Italy

Enrico Pandolfi Earth Sciences Department, University of Florence, Via La Pira 4, 50121 Florence, Italy  
Paola Vannucchi Earth Sciences Department, University of Modena, Piazzale Santa Eufemia 19, 41100 Modena, Italy  
Simionetta Morechi Earth Sciences Department, University of Florence, Via La Pira 4, 50121 Florence, Italy

### ABSTRACT

Randomly dispersed erratic clasts are found within the pelagic marly-shaly sequences of the Oligocene Scisti Varicolori Formation (Cervarola-Falerona unit of the Tuscan domain). These clasts are centimeters to decimeters in size and subrounded to well rounded, their shape suggests an origin in a fluvial and partly littoral environment. The clasts are composed of low- to medium-grade metamorphic rocks, andesitic volcanic rocks, and Late Jurassic-Early Cretaceous pelagic limestones. The source area of the crystalline material is interpreted to be the central-western sector of the Alpine chain or the Corsica-Sardinia area. In addition, the peculiar surfaces of these clasts, as well as their isolated occurrence in the pelagic shales of the Scisti Varicolori, suggest an uncommon depositional mechanism, such as redeposited gastroliths of large marine Vertebrata.

### INTRODUCTION

Randomly dispersed clasts of low- to medium-grade metamorphic rocks, andesites, and limestones are found within the Tertiary marly-shaly pelagic sediments in eastern Tuscany (Pandolfi et al., 1997). Their occurrence within sediments related to the eastern passive-type ramp of the late Oligocene Tuscan foredeep raises questions about their source area and the mechanism responsible for transportation. Lithostratigraphic and biostratigraphic analyses of the pelagic host rocks and of the morphometric and petrographic features of the clasts suggest transportation by unconventional sedimentary processes such as redeposited gastroliths of large marine Vertebrata.

### GEOLOGIC SETTING

Within the Northern Apennines tectonic pile, the middle Eocene-late Oligocene (Aquimian) Scisti Varicolori Formation (Merla, 1951) is at the base of the Cervarola-Falerona unit, which represents the eastern unit of the Tuscan domain (Fig. 1) (Dallan Nardi and Nardi, 1972; Abbate and Bruni, 1987). The Scisti Varicolori Formation (average thickness 100–110 m) mainly consists of shales and marls and minor limestones and calcarenites (Merla, 1951; Borriotti et al., 1970). The depositional environment is interpreted as a pelagic ramp or an abyssal plain with the calcite composition depth, but below the foraminifer lysocline (Fazzuoli et al., 1994). These sedimentary strata are stratigraphically overlain by the siliciclastic foredeep turbidites of the Cervarola-Falerona Sandstones of late Oligocene-early-middle Miocene age (Bruni et al., 1994).

The Scisti Varicolori Formation outcrops delineate the east-vergent thrust (Scisti Varicolori line) of the Cervarola-Falerona unit onto the units of the Umbrian domain. This line extends parallel to the Apennine chain for at least 350 km (Dallan Nardi and Nardi, 1972; Borriotti et al., 1970; Bendik et al., 1992). The clasts are found in four

outcrops, from Mugello (Passo del Gioio, La Rocca section) to Casentino (Badia Prataglia, Molino di Corezzo section) (Fig. 1). In these badland-type outcrops, the Scisti Varicolori Formation is represented by the following lithotypes (from top to bottom) (Fig. 2, A and B): (1) 80 m of alternating grayish-green to greenish-brown, locally including reddish flame-like areas, shales and marls and rare grayish to greenish biocalcareous, siliceous or manganeseiferous limestones, and whitish-ochre ash layers; (2) 10 m of alternating dark red and green shales containing rare marly levels; (3) 30–40 m of gray-greenish shales and marly shales, and rare limestones, showing a variable degree of tectonic disruption.

### BIOSTRATIGRAPHY

Biostratigraphic analyses of calcareous microfossils in the pelitic lithotypes and planktonic foraminifers in the calcarenites have been done to date the Scisti Varicolori strata that include the clasts. Calcareous microfossils are common to abundant, even if not well preserved, in all the studied samples, and contain a typical late Oligocene assemblage. Foraminifers, sphenoliths, and *Sphenolithus* are the major component of this assemblage, and *Dicoccosar* and *halobolites* are minor components. According to the zonation of Fornaciari and Rio (1996) and Martini (1971), the cooccurrence of *Sphenolithus ciperoensis*, *S. diterris*, and *S. pseudonema* allow us to assign the Scisti Varicolori Formation of Ponte alla Corella and part of the La Rocca sections to the *S. diterris* zone (NP2-4). The upper part of the La Rocca section is referable to the *S. ciperoensis* zone (NP2-5) because of the presence of *S. ciperoensis* and *Dicoccosar boaceti* (>10 µm) in abundances of >1%.

A late Oligocene assemblage also has been recognized by the presence of planktonic foraminifers (R. Cocchi, 1996, personal communication), including *catapyrocladus*, *globobuccinella*, *globobuccinella*,

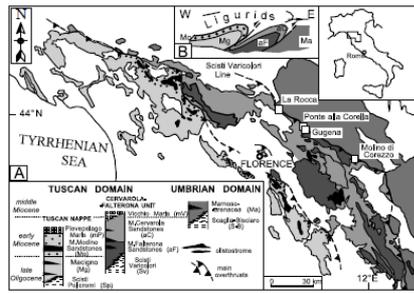
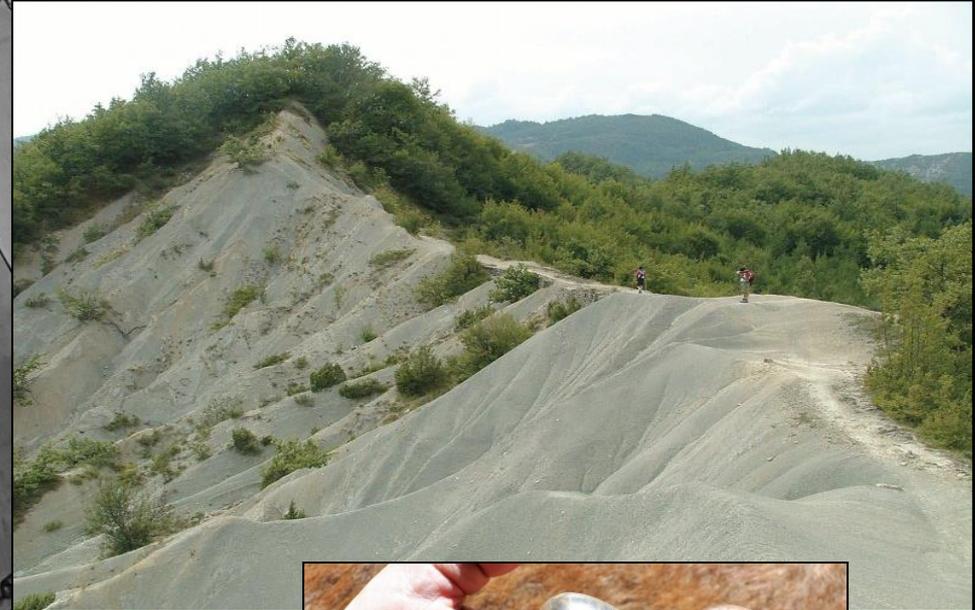
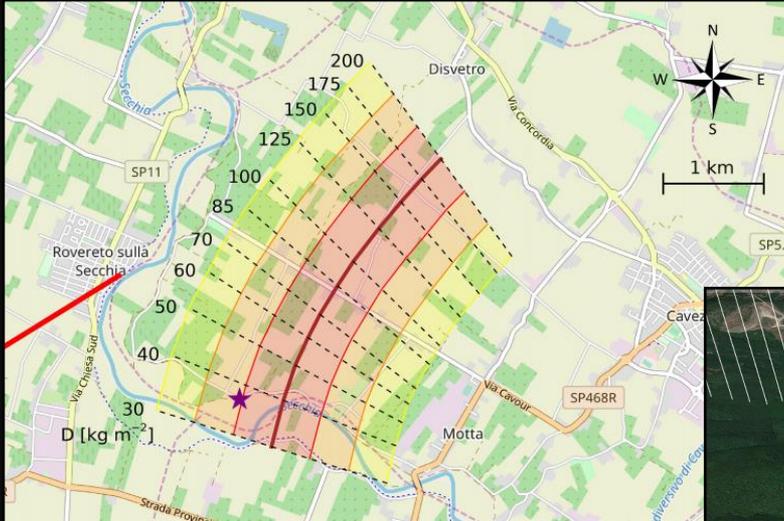


Figure 1. A: Regional distribution of Tuscan and Umbrian Oligocene-Miocene siliciclastic turbidite units of Northern Apennines and location of sections of Scisti Varicolori where erratic clasts have been found. B: Structural sketch.

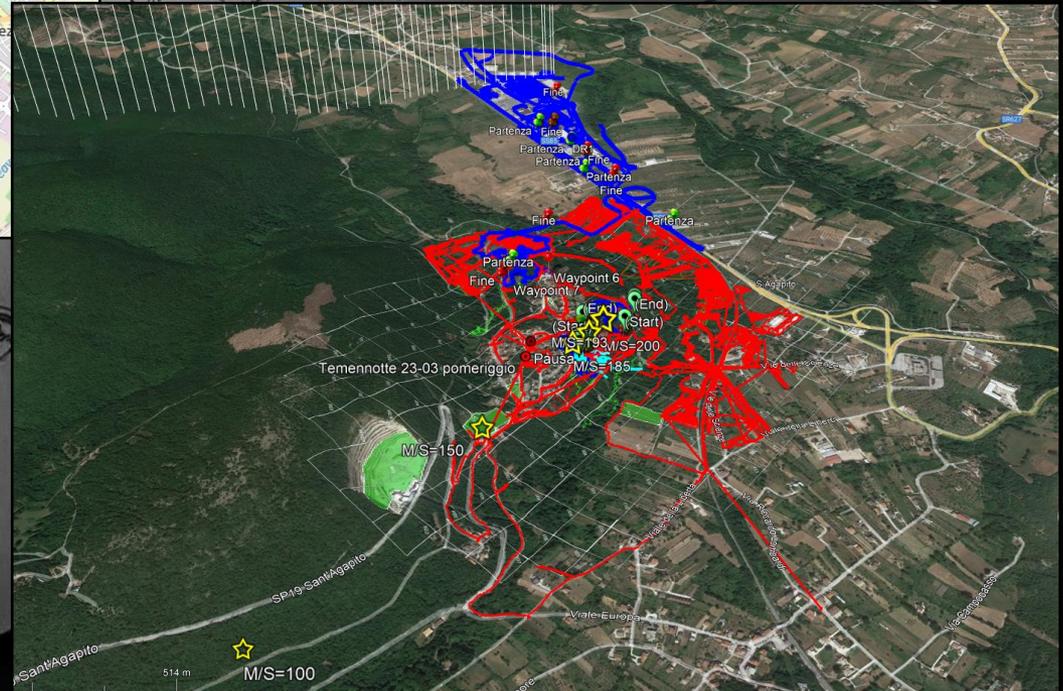


Data Repository item 9876 contains additional material related to this article.

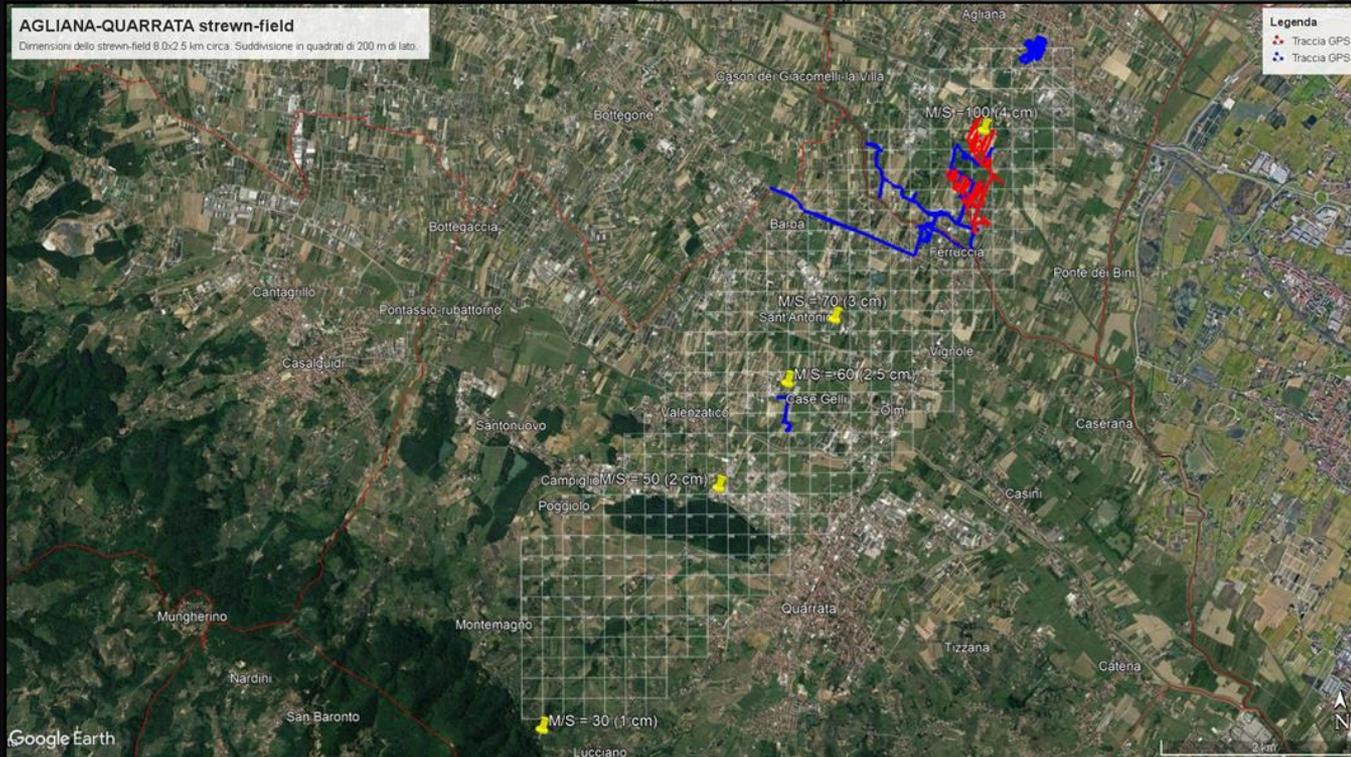
## Ricerche Attuali – Fall PRISMA!



L'organizzazione delle ricerche a terra dovrà tenere necessariamente conto dell'estensione dello strewn field e del possibile errore!



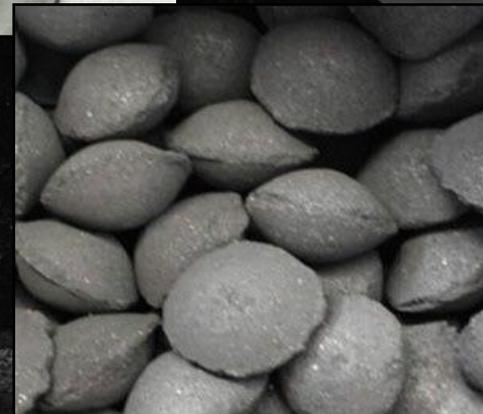
## Ricerche Attuali – Fall PRISMA!



Riteniamo necessario dare vita a un gruppo di ricerca a terra che segua procedure standard codificate sulla base delle possibili caratteristiche degli eventi

## Ricerche Attuali – Citizen Science

Grandi speranze, molta pazienza e nervi saldi...



## Ricerche sì, ma... cosa cerchiamo?

### Come si fa a capire se si è trovato o si possiede una Meteorite?

Le caratteristiche che differenziano la maggior parte delle meteoriti dalle rocce terrestri sono piuttosto particolari e, tutto sommato, facili da riconoscere. Un po' di esperienza poi, in un discreto numero di casi, permette di appurare la natura meteoritica di un campione con buona approssimazione. Per la sua classificazione, tuttavia, saranno sempre indispensabili accurate analisi di laboratorio.

Nella letteratura degli ultimi decenni, le caratteristiche che vengono indicate come basilari per il riconoscimento di una meteorite sono il peso elevato, la presenza di metallo, il colore e i caratteri superficiali.

#### Densità

Oltre il 70% delle meteoriti note, ha un peso superiore a quello di una roccia comune di identica dimensione a causa della loro densità che può variare da 3,5 a 8 g/cm<sup>3</sup> (le rocce terrestri affioranti sulla superficie del pianeta hanno densità variabili tra circa 0,7 e 3,4 g/cm<sup>3</sup>).

#### Proprietà magnetiche

Molte meteoriti, a causa dell'alto contenuto di ferro, hanno proprietà magnetiche rilevabili semplicemente e direttamente con un magnete o un magnetometro. Il metallo presente in alte concentrazioni nelle meteoriti è prevalentemente una lega di ferro-nichel molto rara nelle rocce terrestri

## Crosta di fusione

La presenza di una crosta vetrosa sottilissima superficiale, non necessariamente continua e dello spessore di alcuni decimi di millimetro, è una delle caratteristiche maggiormente riconoscibili di molte meteoriti, soprattutto se cadute in tempi ragionevolmente recenti e se ben conservate. Frequentemente molto scura, talvolta cretata o screpolata, raramente con lucentezza vitrea e con di solito un colore ben distinto da quello interno del campione, la crosta è in genere essenzialmente vetrosa nelle meteoriti rocciose e magnetica in quelle metalliche. Se la meteorite è rimasta esposta agli agenti atmosferici o se ha subito un'alterazione superficiale, la crosta può essere assente o non riconoscibile.

## Regmaglipti

La superficie delle meteoriti appare spesso cosparsa di depressioni, concavità o veri e propri fori arrotondati simili a impronte lasciate da dita. Queste, a volte di forma poligonale e talvolta così profonde e fitte da essere separate le une dalle altre da creste e diaframmi, vengono chiamati *regmaglipti* o *piezoglipti*. Le dimensioni vanno da pochi millimetri a molti centimetri e sono grossolonomente proporzionali alle dimensioni della meteorite.

## Forma orientata

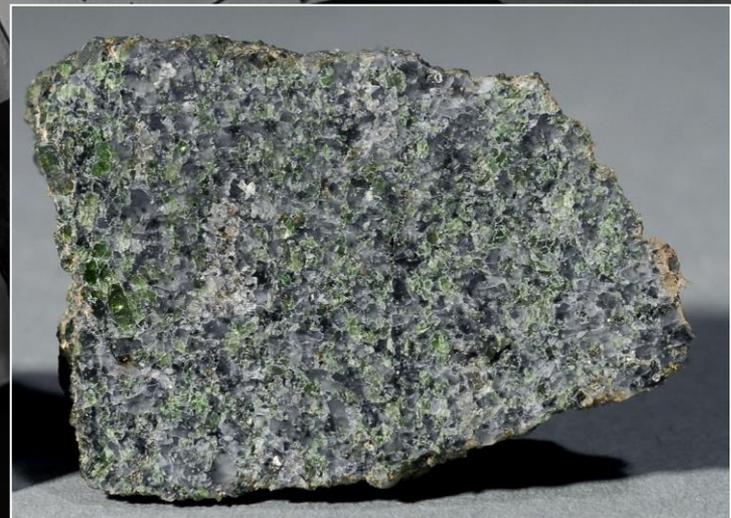
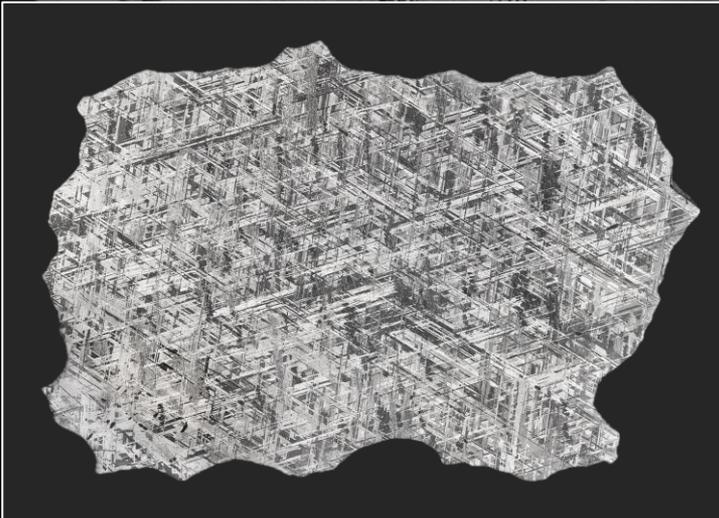
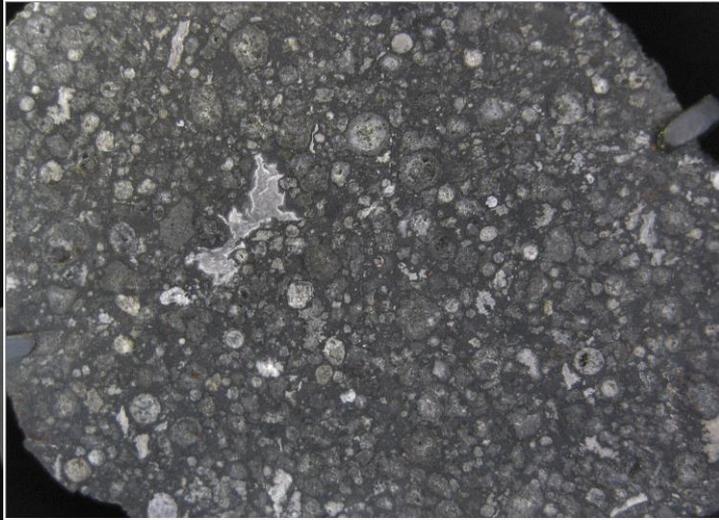
Alcune meteoriti hanno una forma che ricorda uno scudo, un cono o un tronco di cono e hanno forme aerodinamiche e "orientate" per l'azione dell'atmosfera sulla loro superficie al momento della caduta. I meteoroidi sufficientemente grandi da non disintegrarsi che non hanno subito processi di disgregazione e frammentazione in atmosfera, mostrano spesso una forma di questo tipo.

## Forma 'orientata'

Alcune meteoriti hanno una forma che ricorda uno scudo, un cono o un tronco di cono e hanno forme aerodinamiche e "orientate" per l'azione dell'atmosfera sulla loro superficie al momento della caduta. I meteoroidi sufficientemente grandi da non disintegrarsi che non hanno subito processi di disgregazione in atmosfera, mostrano spesso una forma di questo tipo.

Anche i corpi che si frammentano tendono a farlo dando origine spesso ad altri più piccoli di forma poliedrica che si separano dalla massa principale tramite lo sviluppo di famiglie di fratture che si propagano lungo piani di rottura perpendicolari e paralleli alla superficie stessa del meteoroidi principale.

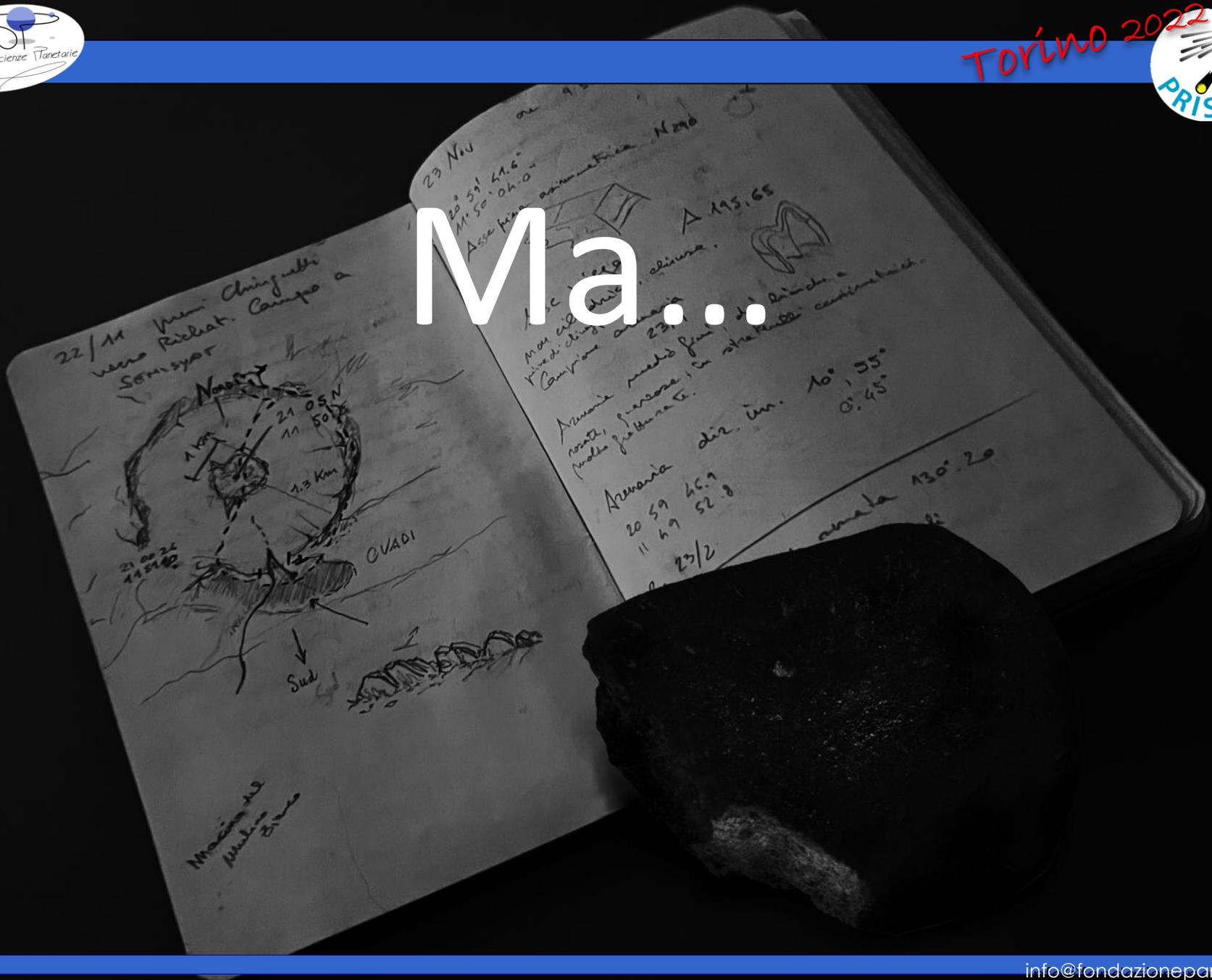




Ed ecco cosa cerchiamo là, dove è più facile trovarle!



# Ma...





Macedonia 42  
Macedonia 42  
Macedonia 42



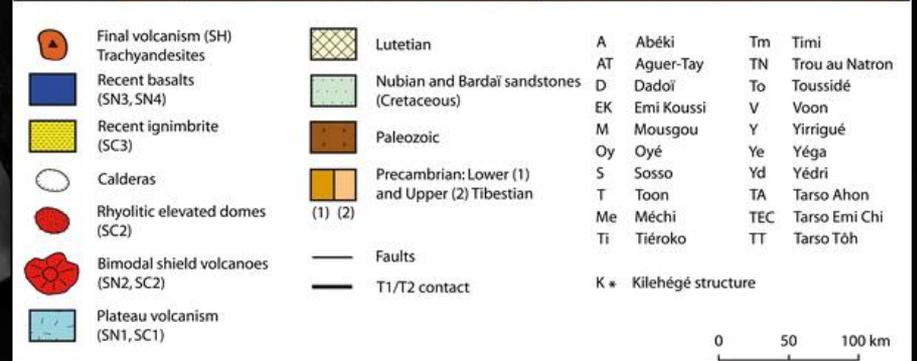
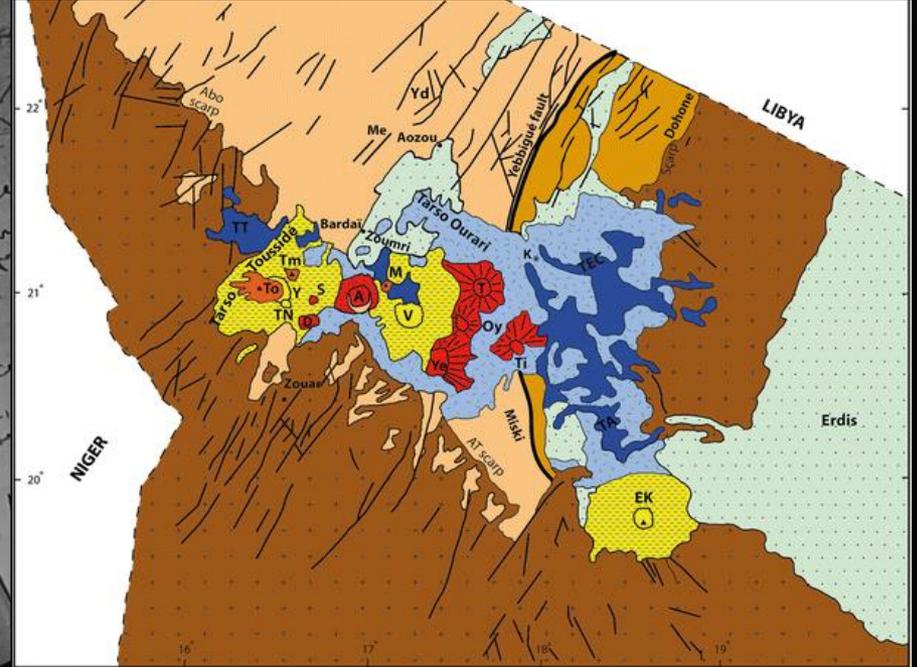
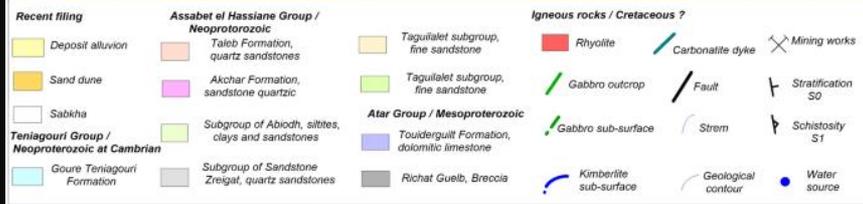
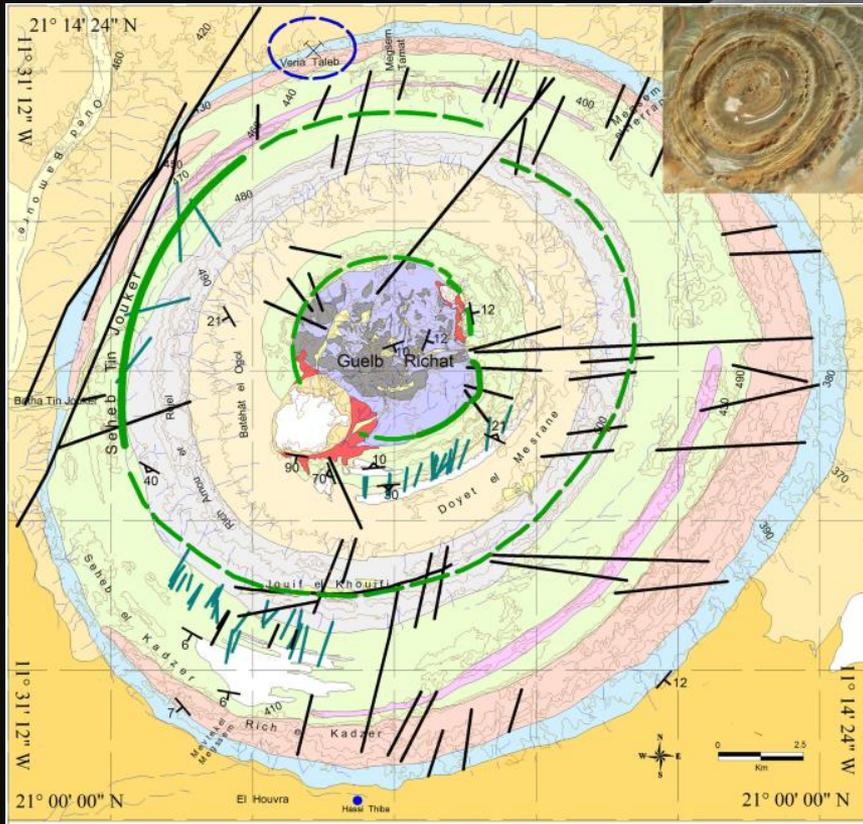


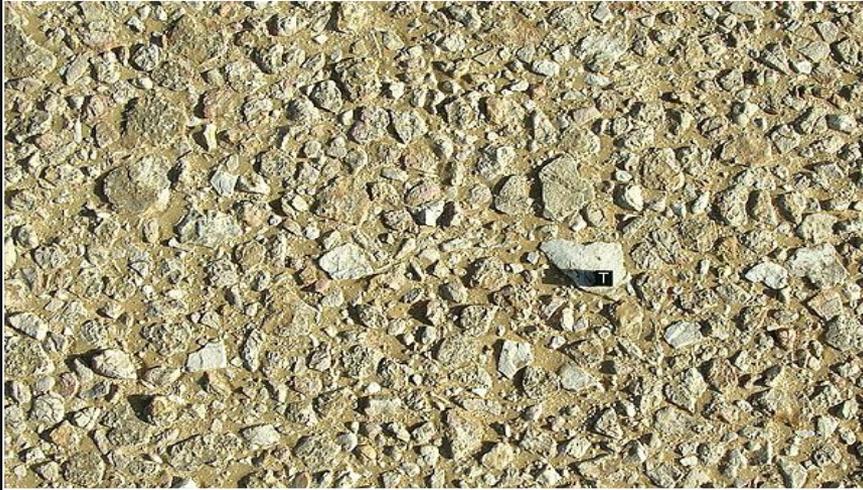


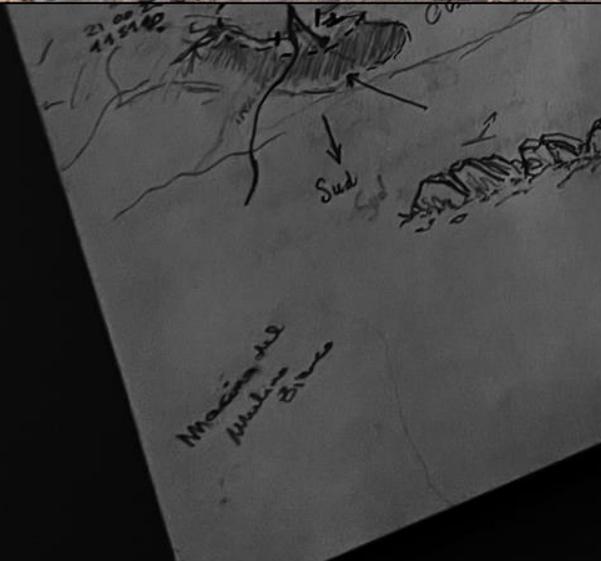
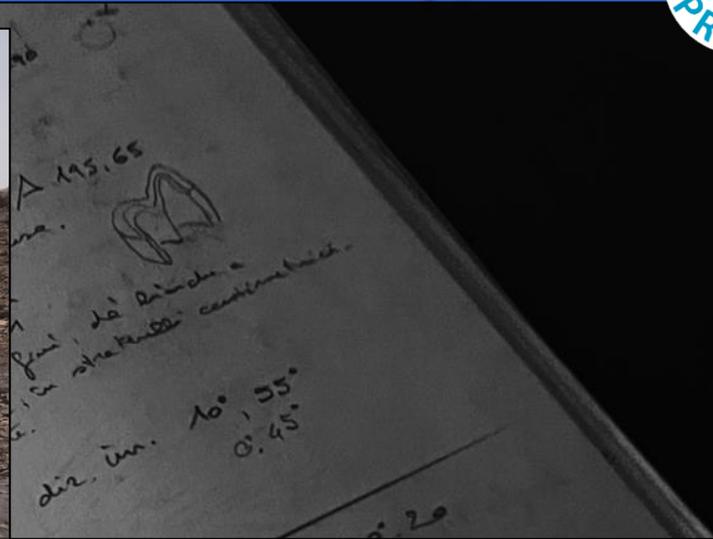
## Guardare per terra in modo diverso...

- Crosta di fusione chiara o del tutto assente
- Contesto litologico
- Contesto sedimentologico (granulometria)
- Struttura, tessitura e composizione mineralogica (petrografia)

E molta attenzione all'inquinamento geologico...







## CONCLUSIONI

Oltre alla ricerca sul campo di nuovi campioni di meteoriti, oggi rivestono una rilevanza sempre maggiore ricerche storico-archivistiche che permettano di recuperare campioni di rilevanza storica e scientifica altrimenti difficilmente reperibili;

Anche le ricerche di natura geologica-stratigrafica, se condotte in modo sistematico, potrebbero portare risultati importanti e prima d'ora inaspettati, così come hanno fatto le ricerche impattostatigrafiche condotte a partire dagli anni '70;

Grazie alle reti di tracciamento dei bolidi, è oggi possibile organizzare campagne di ricerca di *fall* con probabilità di successo non trascurabili anche in aree con caratteristiche ambientali non favorevoli;

Le campagne di ricerca dei *fall* individuati con reti di tracciamento, dovranno essere condotte con modalità differenti in relazione all'estensione dello *strewn field* calcolato e delle sue caratteristiche geografiche;

## CONCLUSIONI

A causa del recente ritrovamento di campioni meteoritici acondritici con caratteri molto diversi da quelli che, un tempo, venivano considerati distintivi per il riconoscimento delle meteoriti, la ricerca sul campo dovrà prendere sempre più in considerazione l'ipotesi che il numero di campioni non facilmente riconoscibili sia in realtà molto più elevato di quanto si potesse finora ipotizzare;

Le caratteristiche di queste meteoriti così peculiari, rendono più difficoltosa l'identificazione di campioni extraterrestri anche nel caso delle segnalazioni;

Campioni di questo tipo, indubbiamente molto rari, potranno essere individuati forse soltanto tenendo conto del contrasto che potrebbe sussistere tra il loro aspetto, le loro caratteristiche «geopetrografiche» e il contesto geologico regionale e geomorfologico delle aree di rinvenimento;

Per le ricerche future, ai ricercatori potrebbe essere utile avere a disposizione ipotesi accurate relative alle caratteristiche che potrebbero (o dovrebbero) avere, ad esempio, sia i termini intermedi tra gruppi di meteoriti già note, sia le meteoriti provenienti da corpi asteroidali geologicamente più complessi di quanto ipotizzato finora.

## CONCLUSIONI

Meteorite

Meteorwring

Meteorlack?



# Meteoriti...



Vecchi e... nuovi orizzonti

