

# Esperienze didattiche in campo con gli studenti di Scienze della Natura

*Viaggio attraverso la diversità degli ecosistemi sardi*

## Geologia e paleontologia

(Proff. M. Caldara, A.M. Fornelli, M. Marino)



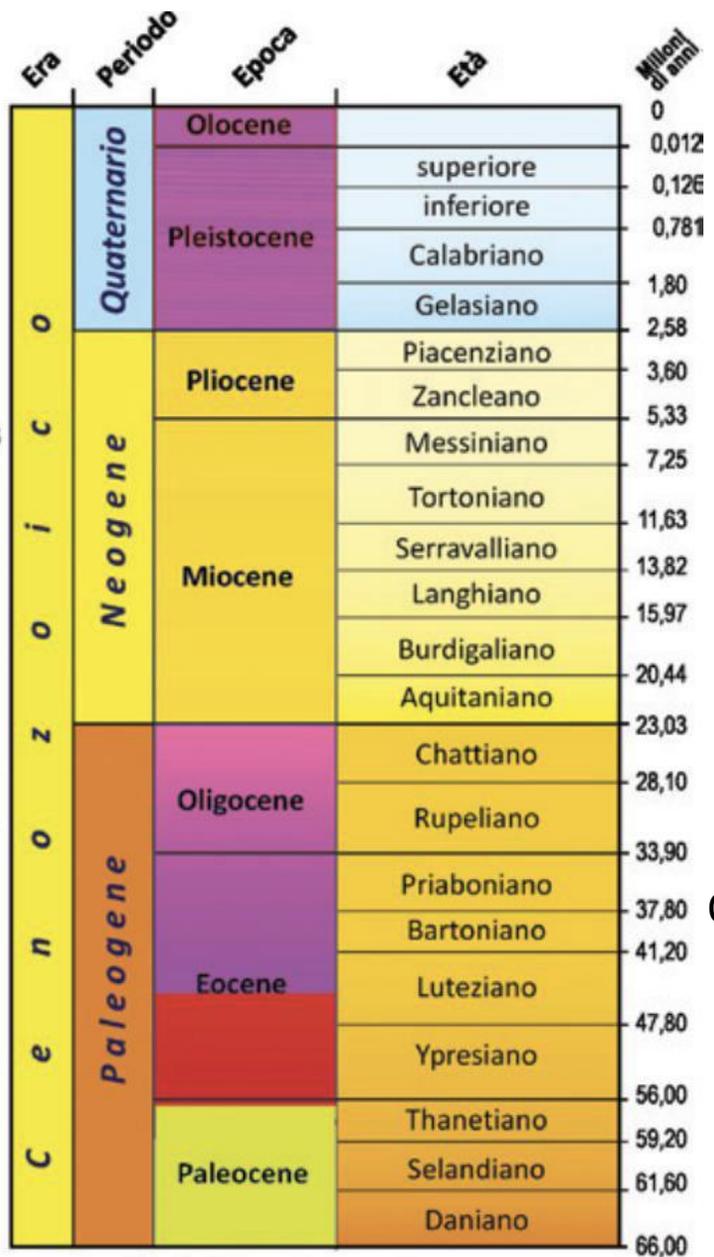
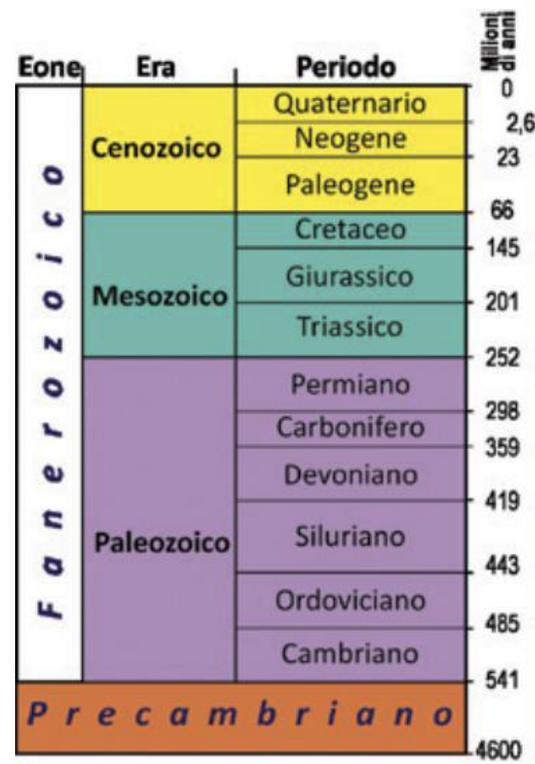
# Geologia della Sardegna

La formazione della Sardegna (superficie di 24.098 km<sup>2</sup>) è strettamente legata ai movimenti compressivi tra Africa ed Europa.

Questi due blocchi continentali si sono ripetutamente avvicinati, scontrati e allontanati negli ultimi 400 milioni di anni.

Orogenesi alpina →

Orogenesi varisica →



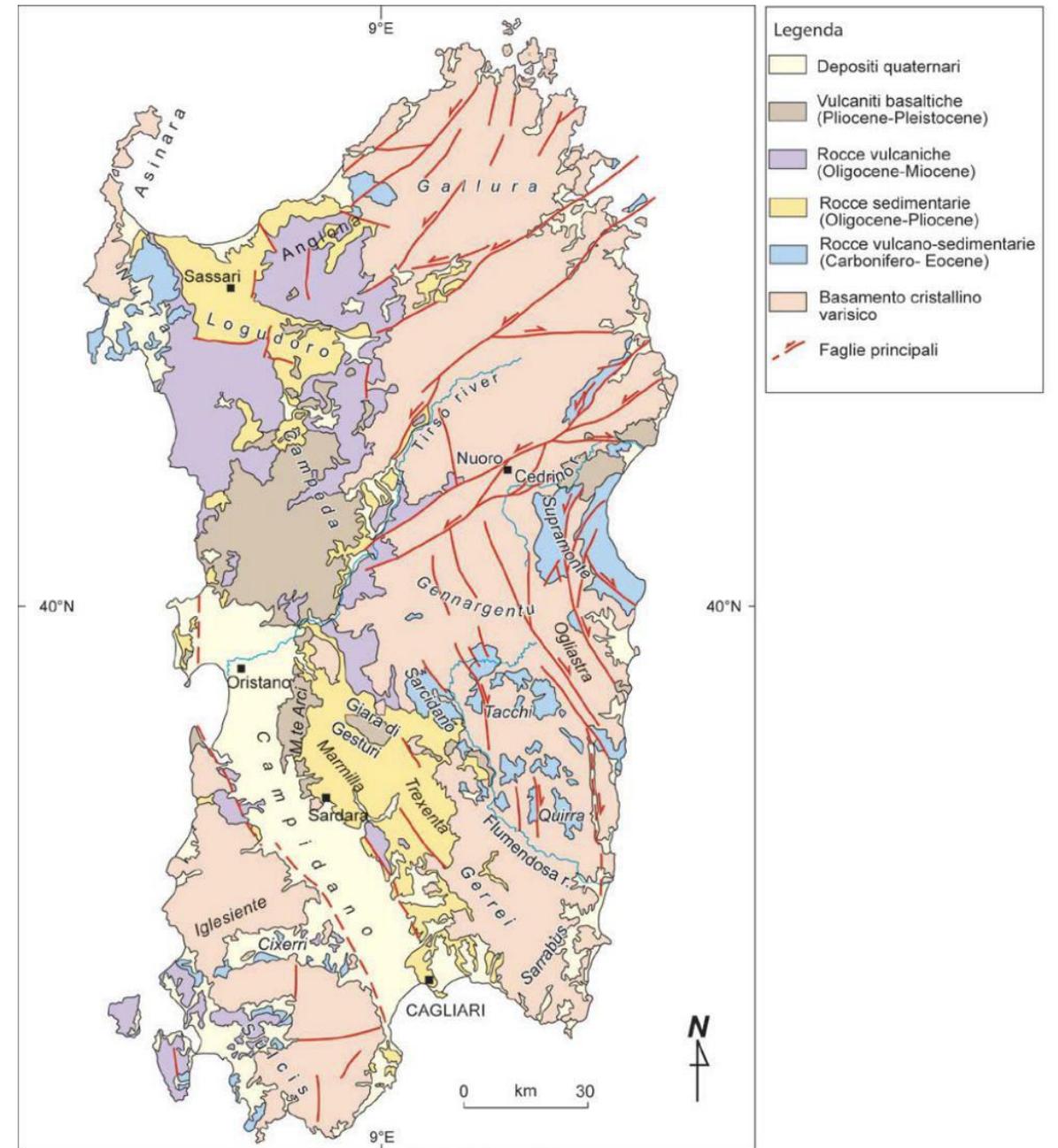
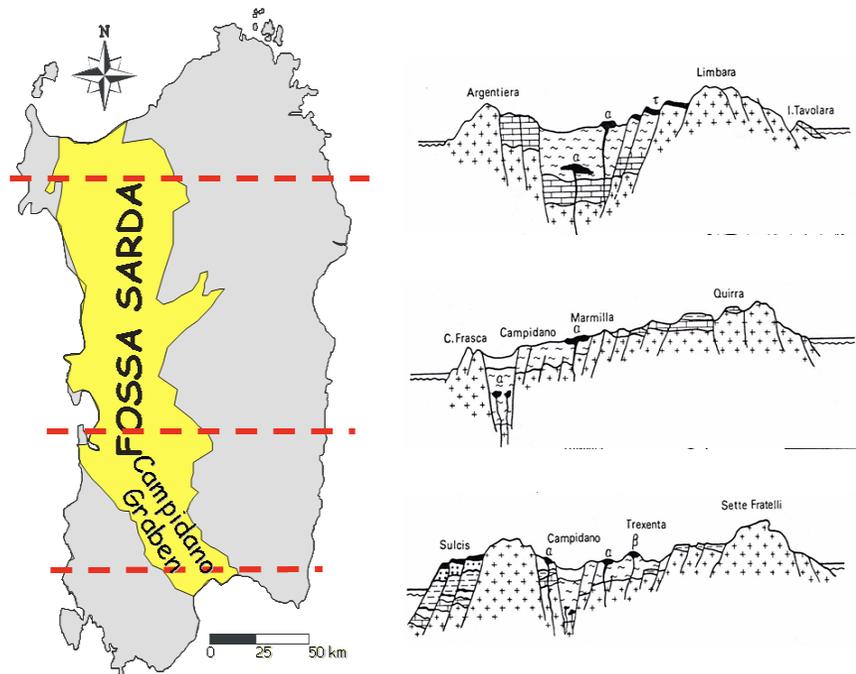
Orogenesi appenninica ←

**Dettaglio dell'Era Cenozoica**

- La Sardegna rappresenta una microplacca continentale con uno spessore crostale variabile dai 25 ai 35 km ed una litosfera spessa circa 80 km. Essa è posta tra due bacini con una struttura crostale di tipo oceanico (Bacino Ligure-Provenzale che cominciò ad aprirsi circa 30 Ma e Bacino Tirrenico) caratterizzati da uno spessore crostale inferiore ai 10 km.
- L'attuale posizione del blocco sardo-corso è frutto di una serie di progressivi movimenti di deriva e rotazione connessi alla progressiva subduzione di crosta oceanica chiamata Oceano Tetide al di sotto dell'Europa.
- Risultato finale è stata la separazione del blocco sardo-corso dall'Europa stabile, la formazione del bacino Ligure-Provenzale e la formazione di una serie di bacini Oligo-Miocenici noti con il nome di "Rift Sardo o Fossa Sarda"

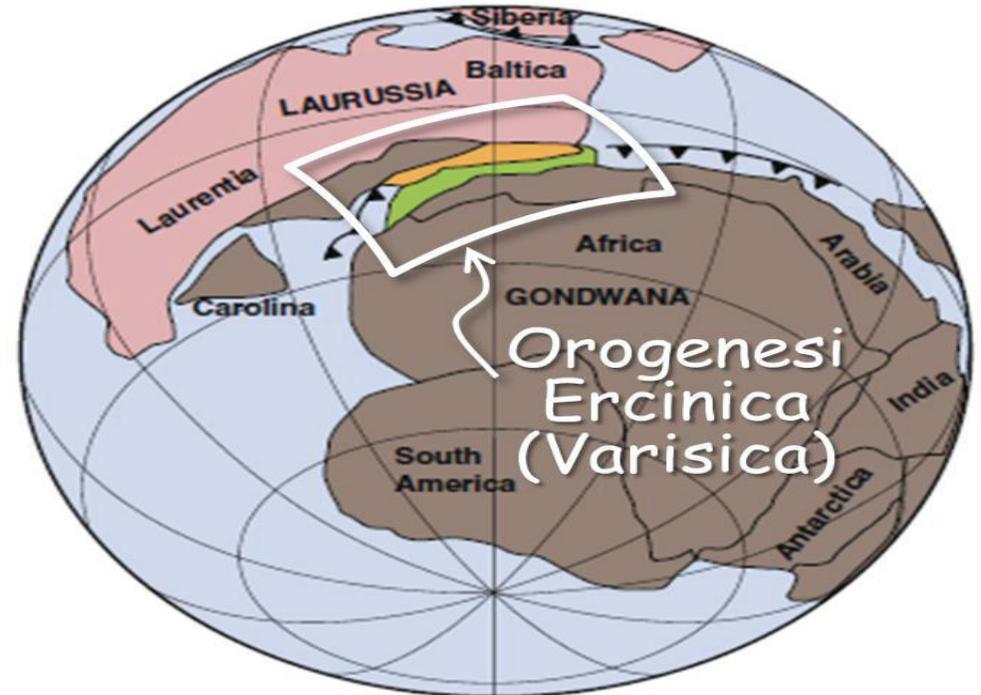


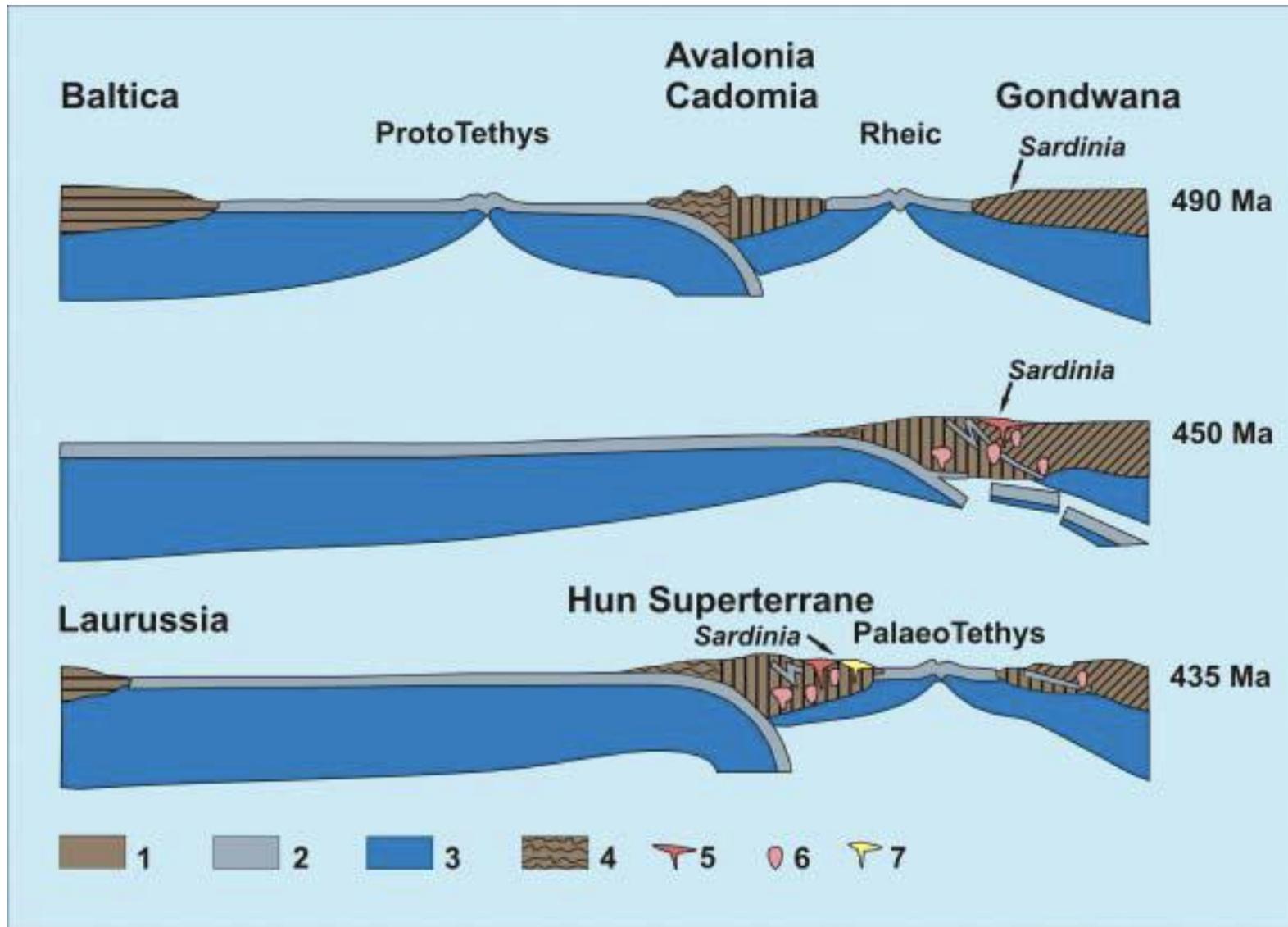
- Il blocco sardo-corso, se si esclude il dominio alpino della Corsica nord-orientale, è costituito da un basamento cristallino di età Paleozoica, in parte ricoperto da terreni più giovani, mesozoici e terziari, tagliato, nel settore occidentale della Sardegna, da due importanti fosse tettoniche (Graben) una ad andamento N-S di età Oligo-Miocenica (Fossa Sarda), l'altra più giovane, Plio-Quaternaria, approssimativamente orientata NW-SE (Graben del Campidano) connessa alla subduzione Appenninica ed alla formazione del Mar Tirreno meridionale.



- Il batolite sardo-corso ha età permo-carbonifera (340-280 Ma) intruso in un basamento varisico
- La Catena Varisica in Sardegna si è sviluppata per deformazione e metamorfismo del margine settentrionale del Gondwana durante il Carbonifero (340-300 Ma) coinvolgendo sequenze sedimentarie e magmatiche variabili in età dal Cambriano pre-Cambriano (550 Ma) al Carbonifero inferiore (340 Ma).

L'Africa fino alla fine del Paleozoico faceva parte, insieme ad America del Sud, Australia, India e Antartide, del mega-continente **Gondwana**. La parte più settentrionale dell'Africa si scontrò con il margine meridionale della **Laurussia** (un altro mega-continente formato da un agglomerato di placche quali la Baltica-Fennoscandia, corrispondente più o meno all'Europa centro-settentrionale, e la Laurentia, corrispondente all'America del Nord). Dallo scontro tra Gondwana e Laurussia (**Orogenesi Ercinica** o **Orogenesi Varisica**) nacque il più grande continente di tutti i tempi: la **Pangea**

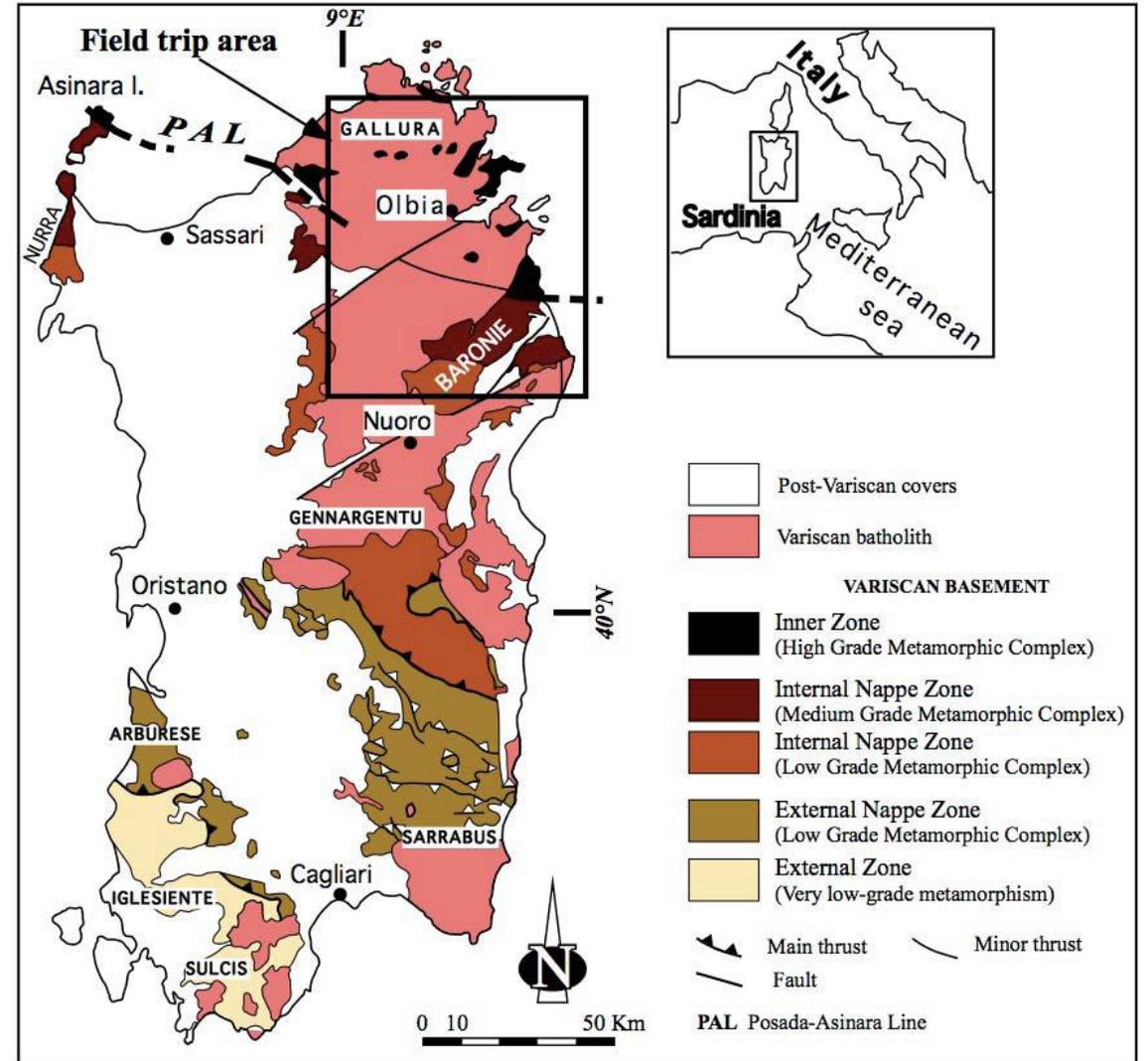




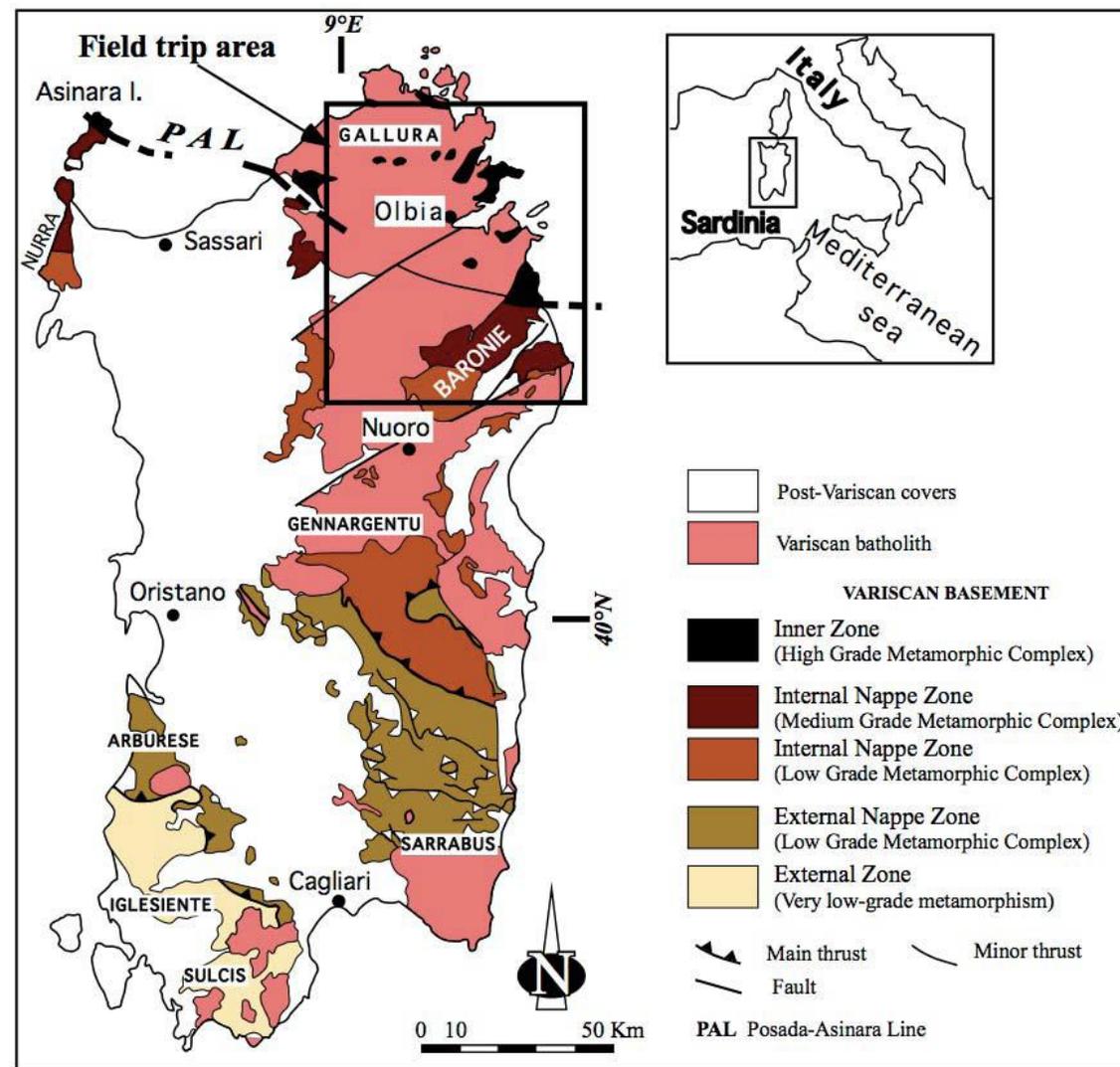
**Figure 13.** Evoluzione geodinamica tra la placca Baltica e il Gondwana durante il Paleozoico inferiore. La posizione paleogeografica della Sardegna al margine del Gondwana e successivamente negli Hun superterrane può spiegare l'evoluzione magmatica dal magmatismo calcalkalino Ordoviciano inferiore-medio al vulcanismo alcalino dell'Ordoviciano superiore – Siluriano. 1: continental crust; 2: oceanic crust; 3: lithospheric mantle; 4: accretionary prism; 5: calc-alkaline volcanics; 6: calc-alkaline and tholeiitic intrusives; 7: alkaline volcanics.

I terreni furono interessati da sovrascorrimenti e pieghe che indicano un trasporto verso SW e da un metamorfismo progrado di tipo Barroviano da Anchizona nella porzione esterna a SW, alla facies anfibolitica e granulitica nella zona interna a NE con relitti di alta pressione in facies eclogitica. Fondamentalmente la Sardegna è costituita da rocce magmatiche intrusive di età Carbonifera Permiana e da rocce metasedimentarie e ignee di età Cambriana e Carbonifero inferiore

le successioni mostrano grado metamorfico crescente da sud verso nord

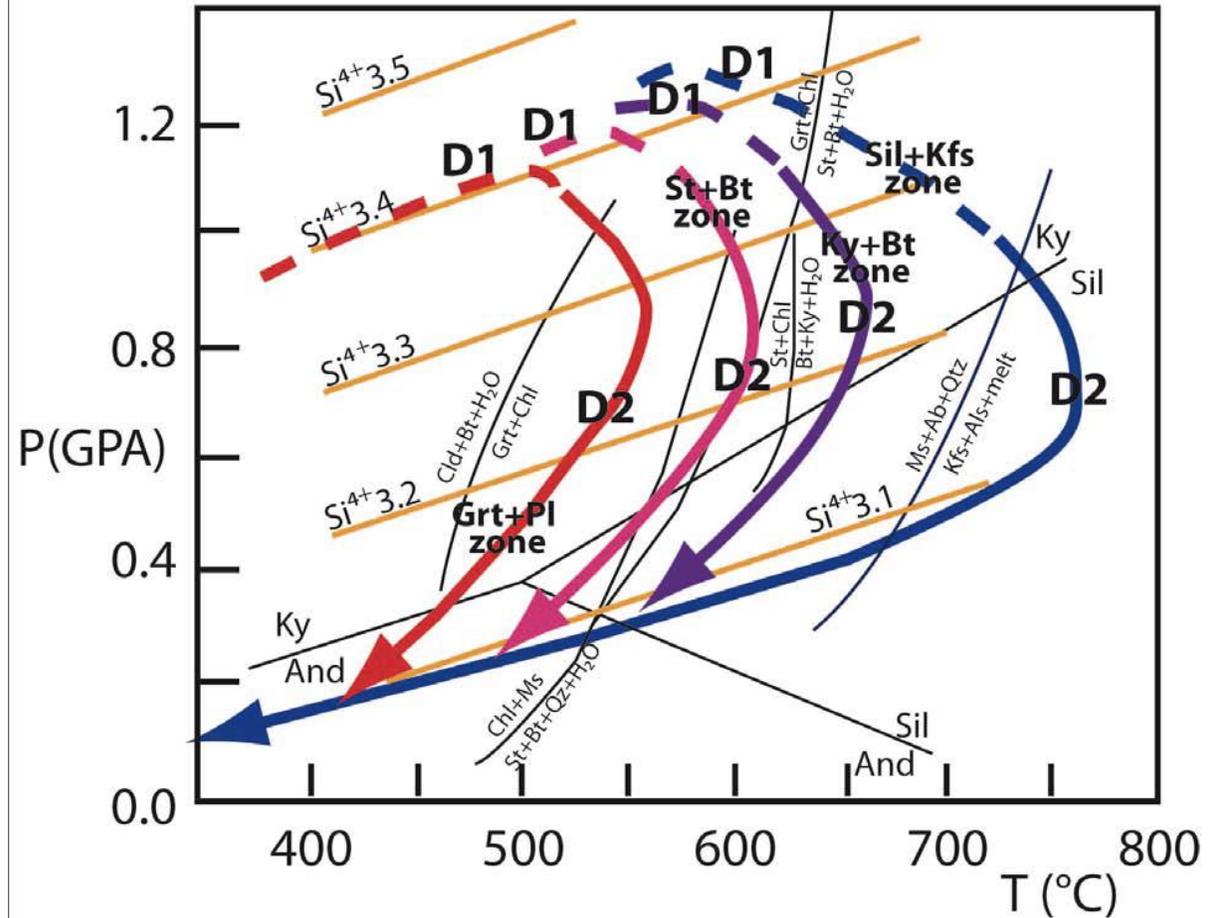


- La storia collisionale Varisica ha prodotto tre differenti zone distinte dal punto di vista strutturale:
- i) a foreland “thrusts-and-folds” belt formata da rocce metasedimentarie con età variabile da Ediacarian superiore (550Ma) a Carbonifero inferiore (340Ma) che affiora nella zona sud occidentale dell’isola. Il metamorfismo è di grado molto basso Anchimetamorfismo al limite con la diagenesi.
- ii) un settore della Sardegna centrale con vergenza sud ovest costituito da metamorfiti paleozoiche in facies scisti verdi di origine sedimentaria e da una suite vulcanica di età ordoviciana anch’essa metamorfosata in condizioni di basso grado
- iii) una zona interna (Northern Sardinia and Southern Corsica) caratterizzata da rocce metamorfiche di medio e alto grado con migmatiti e grandi intrusioni granitiche tardo varisiche (320-280Ma)



- Dal settore centro settentrionale della Sardegna verso NE i principali complessi metamorfici che si osservano sono:
- a) phyllite and metasandstone of the biotite zone,
- b) micaschist and paragneiss of the garnet + albite and garnet + oligoclase zone,
- c) granodioritic orthogneiss and augen gneiss,
- d) micaschist and gneiss of the staurolite + biotite and kyanite + biotite zones, mylonite and subordinate amphibolite lenses,
- e) migmatite and gneiss of the sillimanite + muscovite and sillimanite + K-feldspar zones with retrogressed eclogite lenses and calc-silicate nodules.

Tutte le rocce metamorfiche mostrano una traiettoria P-T oraria caratterizzata da uno stadio progrado con picco barico diacrono con la temperatura seguito da uno stadio con diminuzione di pressione e temperatura

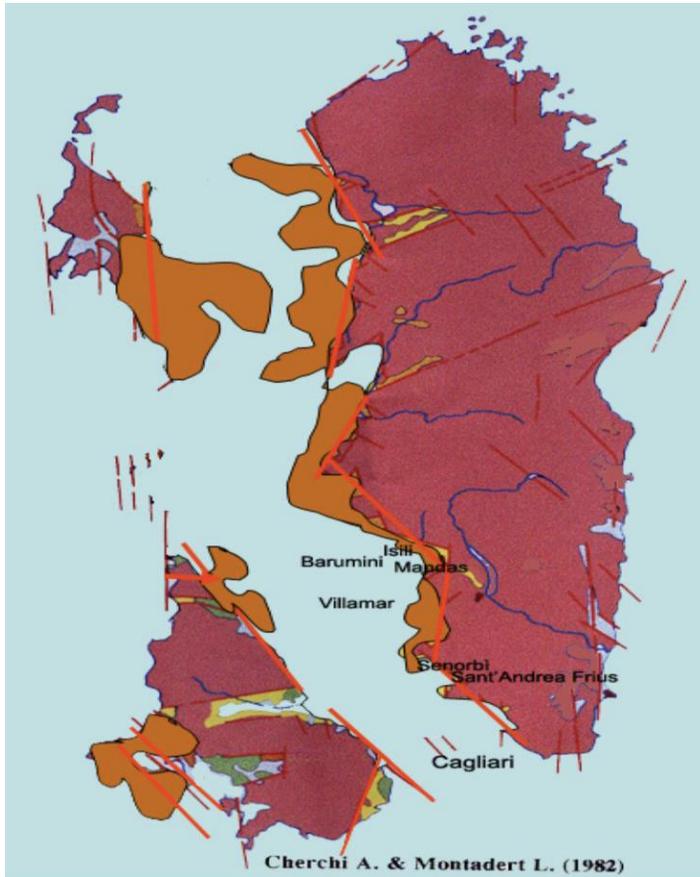


- Le rocce metamorfiche di origine ignea forniscono magmatic U/Pb ages of **474 Ma** for the Lula porphyroid, **456 Ma** for the Lod orthogneiss, and **458 Ma** for the Tanaunella orthogneiss.
- Le eclogiti granulitiche inglobate nel complesso migmatitico di Punta de li Tulchi mostrano tre gruppi di U–Pb zircon ages of **453**, **400** , and **327 Ma**.
- Si deduce che l'orogenesi Varisica ha rielaborato dal punto di vista metamorfico e tettonico rocce più vecchie del megacontinente Gondwana

## • Riassumendo

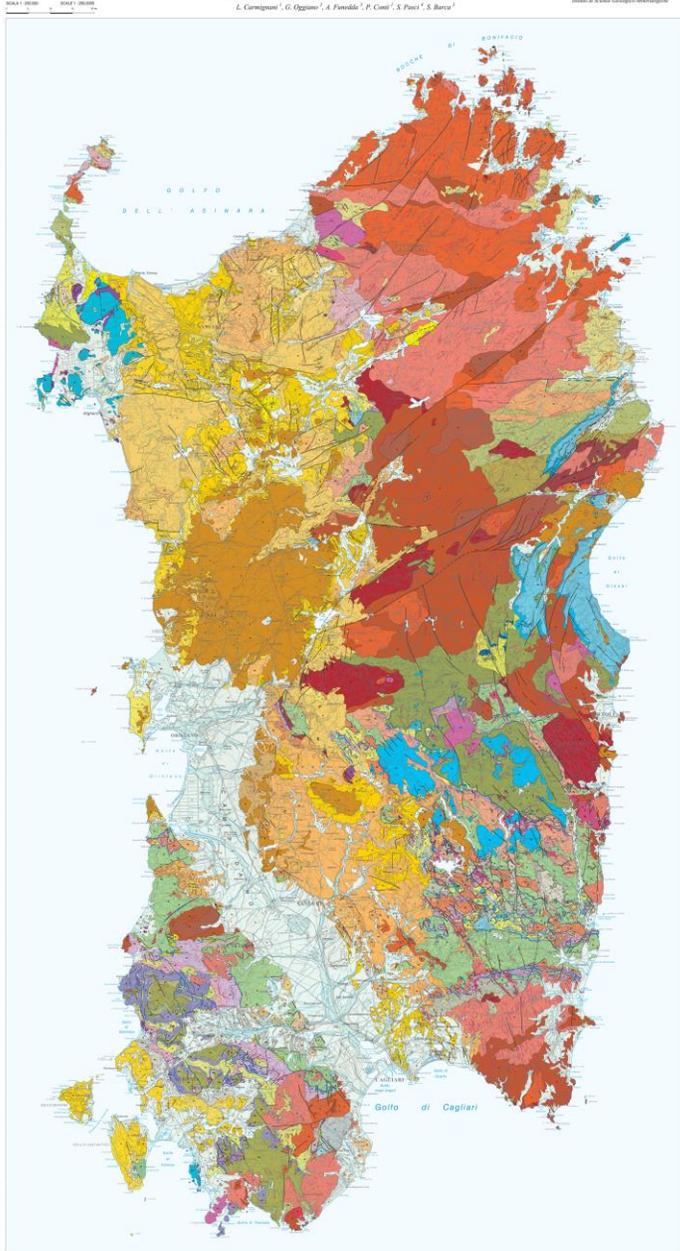
- L'ossatura di questa microplacca è costituita dal batolite granitoidale sardo-corso di età carbonifero-permiana.
- In Sardegna, vi è la più lunga successione stratigrafica d'Italia, con un basamento paleozoico di rocce intrusive e metamorfiche e una copertura sedimentaria e vulcanica di età tardo-paleozoica, mesozoica, terziaria e quaternaria.
- Durante il **Paleozoico** si depositarono sequenze sedimentarie con spessori di migliaia di metri, si sviluppò una diffusa attività ignea e si ebbe un evento tettonico-metamorfico fondamentale, l'**Orogenesi Varisica** che portò alla formazione di **Pangea** durante il periodo Carbonifero fino al Triassico.
- Nel **Giurassico** (da 200 a 145 milioni di anni fa), la Sardegna è caratterizzata, dal ritorno del mare che, però, non riuscirà a sommergerla completamente. La sedimentazione marina darà origine a calcari per lo più organogeni (accumulo di resti conchigliari di Molluschi).
- La vita della Pangea fu davvero breve: infatti già all'inizio del Mesozoico l'area ora occupata dall'Oceano Atlantico settentrionale cominciò ad evidenziare i primi stadi estensionali che sarebbero poi evoluti nel sistema di *rift* che portò poi alla formazione dell'**Oceano Atlantico settentrionale-Oceano della Tetide Alpina**.
- Il margine più occidentale dell'Oceano della Tetide Alpina è conosciuto anche come **Oceano Ligure-Piemontese**
- Orogenesi Alpina (senso lato), con formazione di catene montuose con diverse vergenze e trasporto tettonico (Alpi) Questa fase compressiva (Orogenesi Alpina) è associata alla rotazione antioraria dell'Africa come conseguenza dell'apertura dell'Oceano Atlantico meridionale.
- Nell'Era Terziaria (da 65 a 1,8 milioni di anni fa) ripetute dislocazioni per fratture e spinte orogenetiche frammentano la crosta sarda in vari blocchi. Dall'Oligocene (da 37 a 24 milioni di anni fa), il blocco sardo-corso si stacca dall'Europa continentale e migra nel Mediterraneo occidentale fino a portarsi nella posizione attuale, all'inizio del Miocene.

Diverse manifestazioni vulcaniche, prevalentemente con lave andesitiche, accompagnano questo movimento di deriva e, via via, diventano sempre più imponenti accumulandosi, assieme a sedimenti di origine marina (marnosi ed arenacei) all'interno della cosiddetta " Fossa sarda", ossia un rift, che costituisce una vasta depressione che attraversa l'Isola dal Golfo dell'Asinara al Golfo di Cagliari



Durante il Pliocene medio-superiore, incomincia a formarsi la fossa tettonica del Campidano, i restanti settori dell'Isola si sollevano e si risveglia l'attività vulcanica seguita dalle abbondanti emissioni basaltiche che hanno dato origine ai vasti altopiani del centro e della parte settentrionale della Sardegna.

Rift sardo durante il Miocene



**LABELLA LEGENDA**  
L'etichetta della legenda è divisa in due parti: la parte superiore, con sfondi colorati, indica le unità geologiche e le loro caratteristiche principali; la parte inferiore, con sfondi bianchi, indica le strutture geologiche e le loro caratteristiche principali.

**UNITÀ GEOLOGICHE**

- 1. **Triassico**  
1.1. **Triassico inferiore**  
1.1.1. **Triassico inferiore inferiore**  
1.1.2. **Triassico inferiore superiore**  
1.2. **Triassico superiore**  
1.2.1. **Triassico superiore inferiore**  
1.2.2. **Triassico superiore superiore**
- 2. **Giurassico**  
2.1. **Giurassico inferiore**  
2.1.1. **Giurassico inferiore inferiore**  
2.1.2. **Giurassico inferiore superiore**  
2.2. **Giurassico superiore**  
2.2.1. **Giurassico superiore inferiore**  
2.2.2. **Giurassico superiore superiore**
- 3. **Cretaceo**  
3.1. **Cretaceo inferiore**  
3.1.1. **Cretaceo inferiore inferiore**  
3.1.2. **Cretaceo inferiore superiore**  
3.2. **Cretaceo superiore**  
3.2.1. **Cretaceo superiore inferiore**  
3.2.2. **Cretaceo superiore superiore**
- 4. **Terziario**  
4.1. **Terziario inferiore**  
4.1.1. **Terziario inferiore inferiore**  
4.1.2. **Terziario inferiore superiore**  
4.2. **Terziario superiore**  
4.2.1. **Terziario superiore inferiore**  
4.2.2. **Terziario superiore superiore**
- 5. **Quaternario**  
5.1. **Quaternario inferiore**  
5.1.1. **Quaternario inferiore inferiore**  
5.1.2. **Quaternario inferiore superiore**  
5.2. **Quaternario superiore**  
5.2.1. **Quaternario superiore inferiore**  
5.2.2. **Quaternario superiore superiore**

**STRUTTURE GEologiche**

- 1. **Fautes**  
1.1. **Fautes normali**  
1.2. **Fautes inverse**  
1.3. **Fautes trasversali**
- 2. **Linee di faglia**  
2.1. **Linee di faglia normali**  
2.2. **Linee di faglia inverse**  
2.3. **Linee di faglia trasversali**
- 3. **Linee di frattura**  
3.1. **Linee di frattura normali**  
3.2. **Linee di frattura inverse**  
3.3. **Linee di frattura trasversali**

**LEGENDA**  
La legenda è divisa in due parti: la parte superiore, con sfondi colorati, indica le unità geologiche e le loro caratteristiche principali; la parte inferiore, con sfondi bianchi, indica le strutture geologiche e le loro caratteristiche principali.

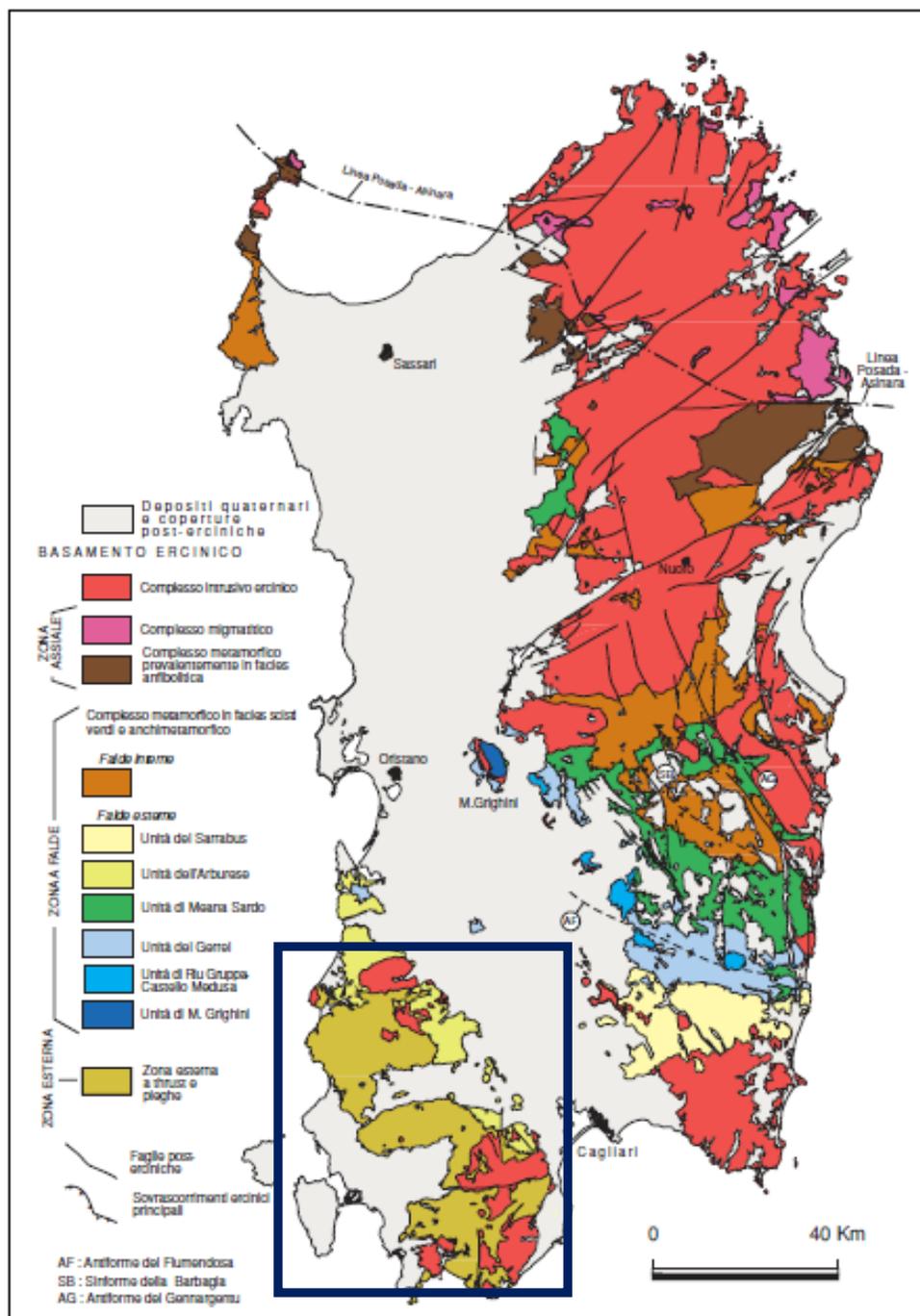
**UNITÀ GEOLOGICHE**

- 1. **Triassico**  
1.1. **Triassico inferiore**  
1.1.1. **Triassico inferiore inferiore**  
1.1.2. **Triassico inferiore superiore**  
1.2. **Triassico superiore**  
1.2.1. **Triassico superiore inferiore**  
1.2.2. **Triassico superiore superiore**
- 2. **Giurassico**  
2.1. **Giurassico inferiore**  
2.1.1. **Giurassico inferiore inferiore**  
2.1.2. **Giurassico inferiore superiore**  
2.2. **Giurassico superiore**  
2.2.1. **Giurassico superiore inferiore**  
2.2.2. **Giurassico superiore superiore**
- 3. **Cretaceo**  
3.1. **Cretaceo inferiore**  
3.1.1. **Cretaceo inferiore inferiore**  
3.1.2. **Cretaceo inferiore superiore**  
3.2. **Cretaceo superiore**  
3.2.1. **Cretaceo superiore inferiore**  
3.2.2. **Cretaceo superiore superiore**
- 4. **Terziario**  
4.1. **Terziario inferiore**  
4.1.1. **Terziario inferiore inferiore**  
4.1.2. **Terziario inferiore superiore**  
4.2. **Terziario superiore**  
4.2.1. **Terziario superiore inferiore**  
4.2.2. **Terziario superiore superiore**
- 5. **Quaternario**  
5.1. **Quaternario inferiore**  
5.1.1. **Quaternario inferiore inferiore**  
5.1.2. **Quaternario inferiore superiore**  
5.2. **Quaternario superiore**  
5.2.1. **Quaternario superiore inferiore**  
5.2.2. **Quaternario superiore superiore**

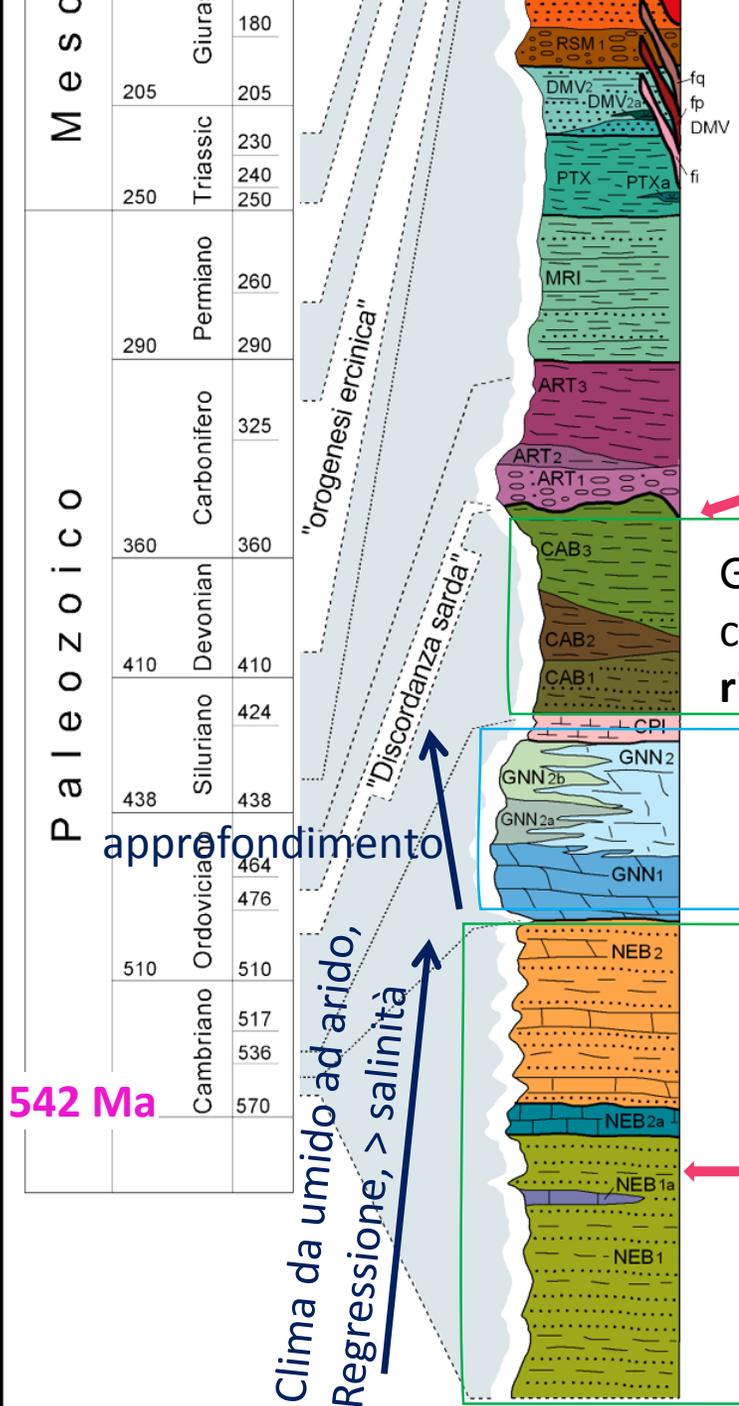
**STRUTTURE GEologiche**

- 1. **Fautes**  
1.1. **Fautes normali**  
1.2. **Fautes inverse**  
1.3. **Fautes trasversali**
- 2. **Linee di faglia**  
2.1. **Linee di faglia normali**  
2.2. **Linee di faglia inverse**  
2.3. **Linee di faglia trasversali**
- 3. **Linee di frattura**  
3.1. **Linee di frattura normali**  
3.2. **Linee di frattura inverse**  
3.3. **Linee di frattura trasversali**

## Primo giorno di escursione, da Cagliari verso Gonnesa



Zona esterna a **thrust e pieghe** intensamente deformata, ma sostanzialmente autoctona



Stop 2

Gruppo di Iglesias con la **Formazione di Cabitza** (unità 61), che marca l'annegamento della piattaforma carbonatica e ritorno della sedimentazione terrigena Cambr.-Ordov. inf.

**Gruppo di Gonnese**: potente successione carbonatica (unità 62), costituita da dolomie e calcari di **piana tidale**, Cambriano inf.

Stop 1

**Gruppo di Nebida** (unità 63c): rocce di **piattaforma terrigena** in ambiente **deltizio** che passano verso l'alto a rocce di ambiente lagunare con barre oolitiche. Cambriano inferiore

approfondimento

Clima da umido ad arido, Regressione, > salinità

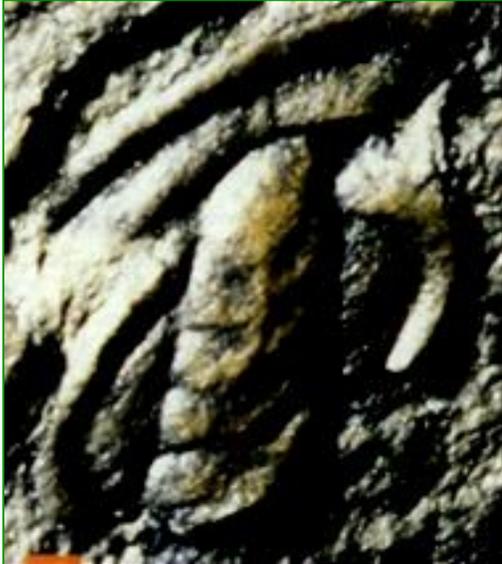
542 Ma

# Gruppo di NEBIDA

Formazione di Matoppa

Membro di Sa Tuvara

## Trilobiti

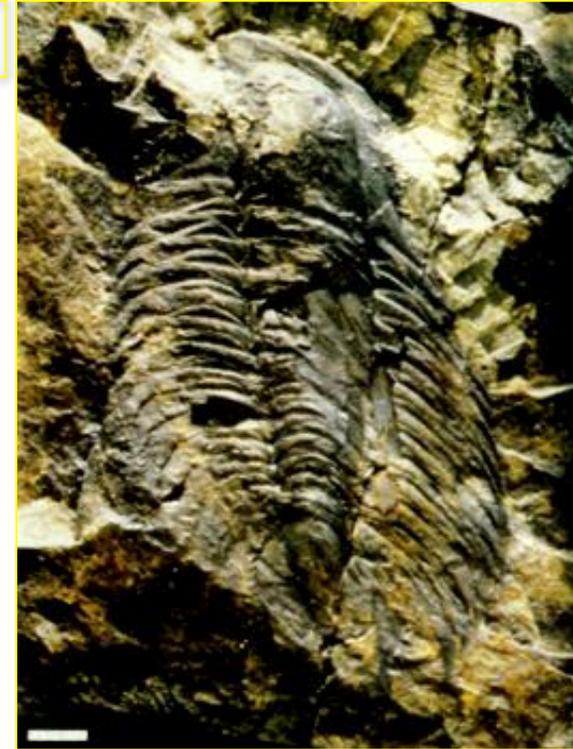


*Sardoredlichia  
frabouleti*

*Dolerolenus courtessolei*

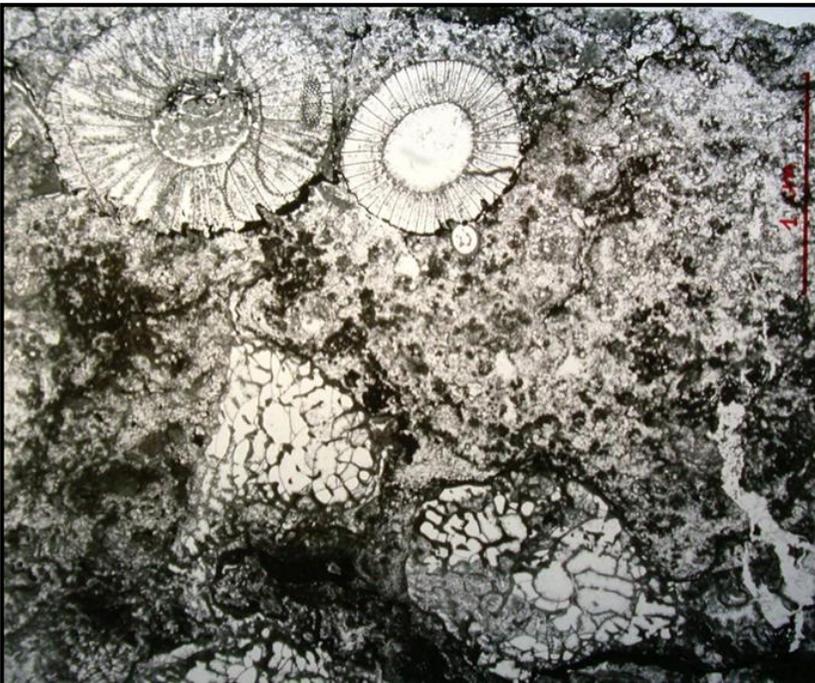


*Giordanella vincii*



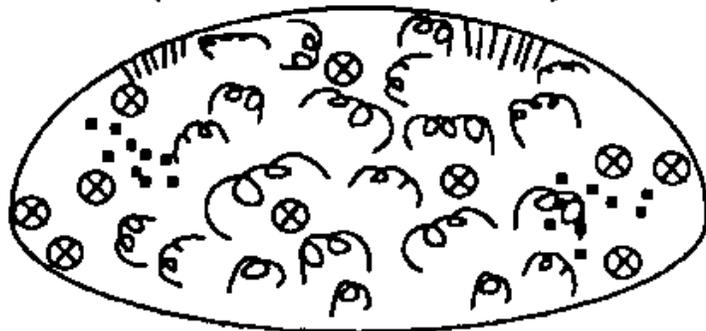
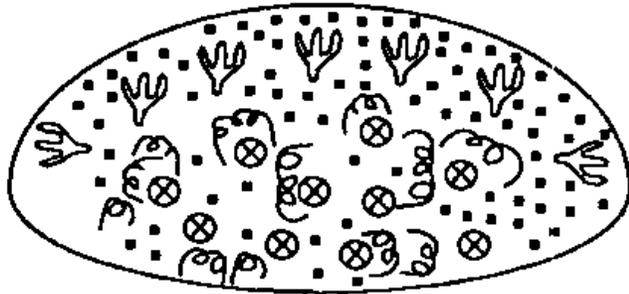
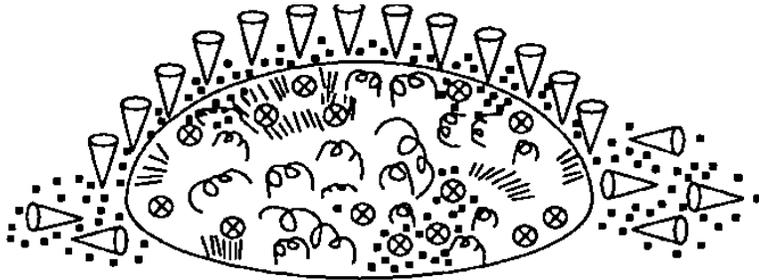
**Gruppo di NEBIDA**  
**Formazione di Matoppa**

**Archeociati**



# Gruppo di NEBIDA

mounds

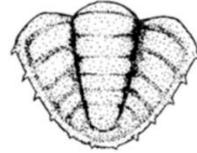
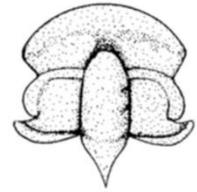


- /// cement
- ∇ large stick archaeocyaths
- ∩ stereoplasm
- ∪ bowl archaeocyaths
- ∪ ramosae archaeocyaths
- ∩ Renalcis
- mud
- ⊗ stick and bowl archaeocyaths

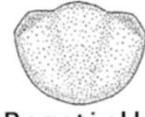


*Girvanella problematica*

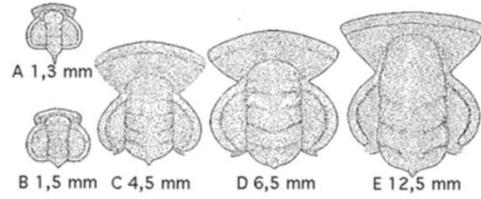
# Stop 1



Hebediscina sardoa



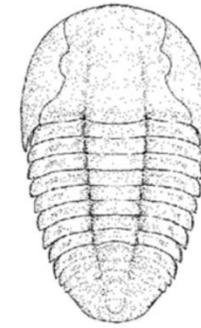
Pagetia sp.1



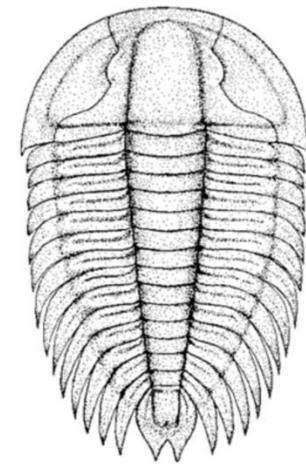
Iglisia ichnusae



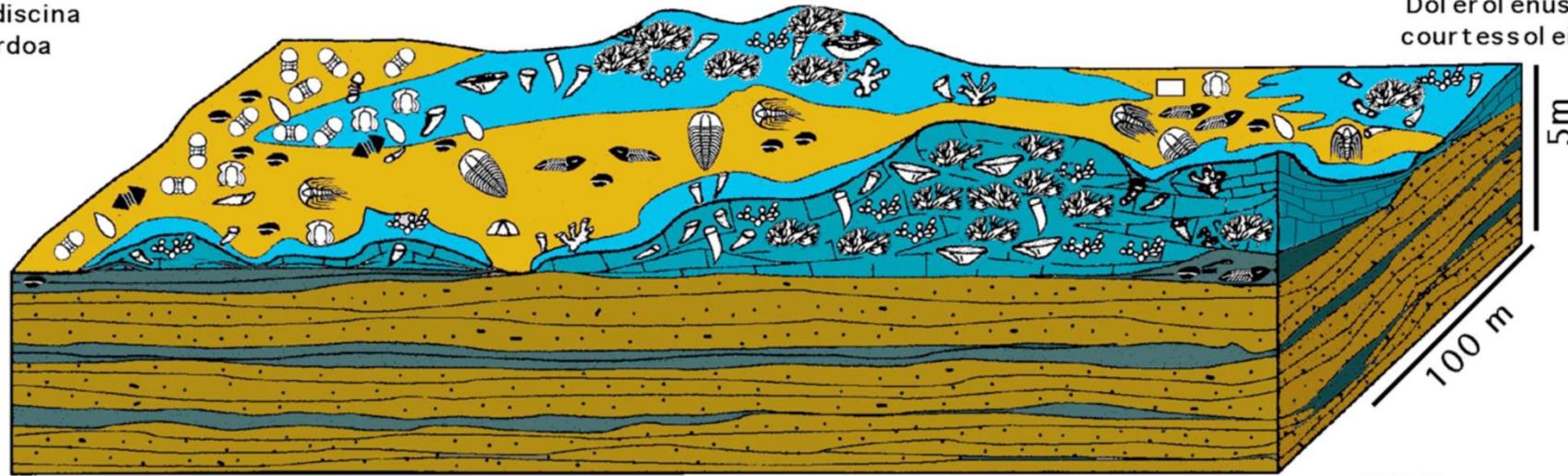
Sardorelia frabouleti



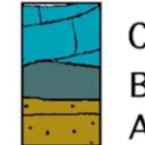
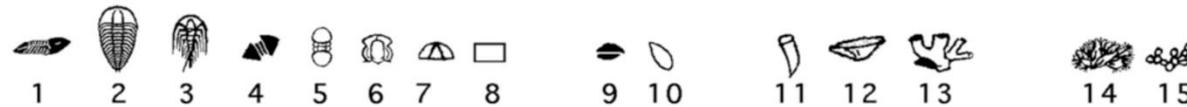
Giordania vincii



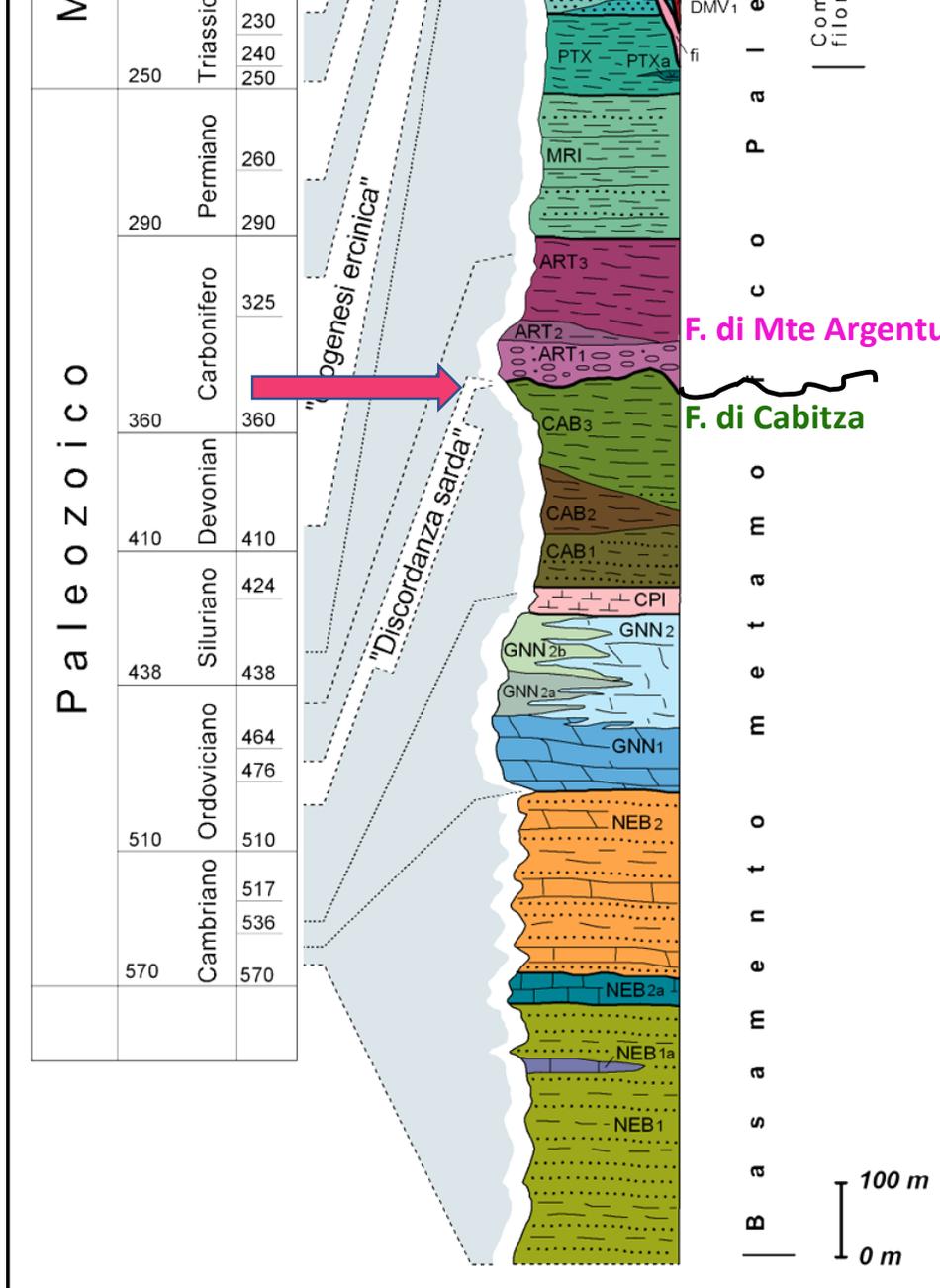
Dolerolus courtesolae



Symbols:



14) Epiphyton 15) Renalcis



## Discordanza sarda Stop 2

Il rinvenimento del graptolite *Rhabdinopora flabelliforme*, e del trilobite *Proteuloma geinitzi* nella parte alta della **F. di Cabitza** consente di precisare meglio l'età della lacuna legata alla "Fase sarda" compresa tra l'Ordoviciano inferiore (parte alta della F. di Cabitza) e l'Ordoviciano superiore (età dei primi livelli datati su base paleontologica e trasgressivi sui depositi continentali della **F. di Monte Argentu**).

Questa formazione, che include la "**Puddinga**", presenta una grande variabilità di spessori e di litofacies ed è prevalentemente costituita da metasiltiti. Alla base spesso prevalgono depositi clastici grossolani e/o molto grossolani che divengono progressivamente più fini verso l'alto



**Formazione di Cabitza**  
Cambriano medio - Ordoviciano  
inferiore

**Formazione di Monte  
Argentu** ("Puddinga")  
Ordoviciano ? Medio-superiore



F.ne di M.te Argentu



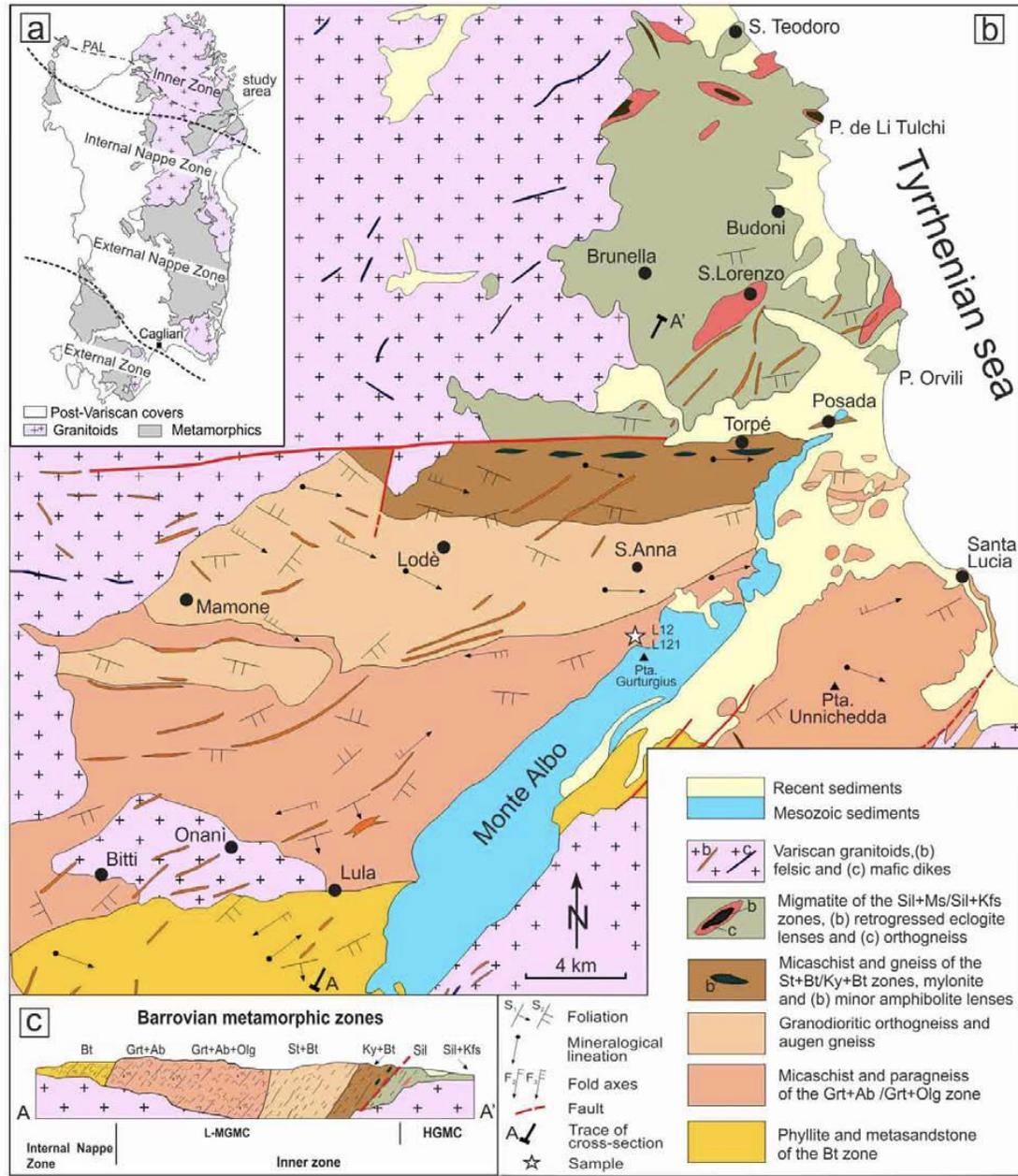
F.ne di M.te Argentu



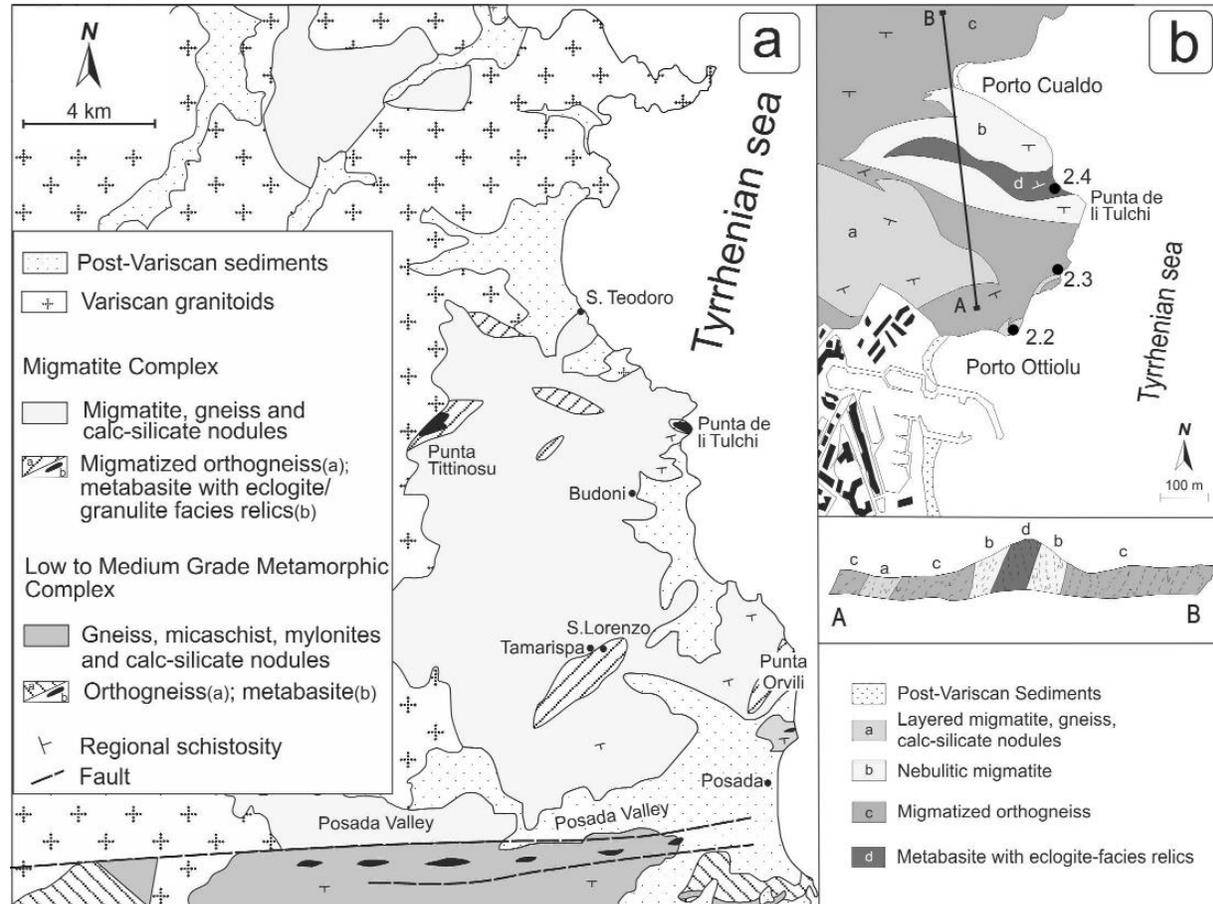
F.ne di M.te Argentu



**Olistoliti** di grandi dimensioni di “dolomie gialle” alla base della F.ne di M.te Argentu con giacitura verticale in contatto con la F.ne di Cabitza (a destra) presso la passeggiata di Nebida.



Terzo giorno di escursione, da Oristano verso Porto Ottiolu



# migmatiti

Scrivi una descrizione per la tua mappa.

## Legenda

- Elemento 1
- Elemento 2
- Elemento 3
- Hotel LU PITRALI
- La Tartaruga
- Misurazione percorso
- Residence Hotel Lu Nibareddu
- Spiaggia delle Vacche

Google Earth

© 2018 Google

400 m



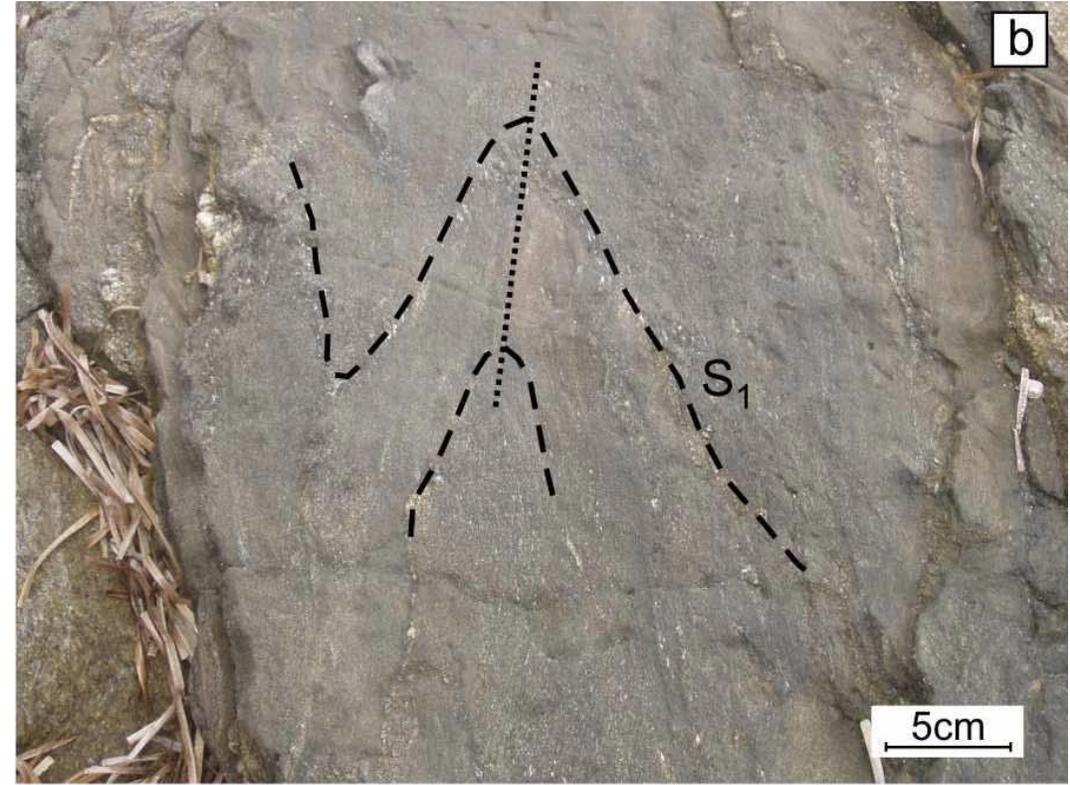


Fig. 2.13 - a) Contact between the migmatized orthogneiss (right) and the sedimentary-derived migmatite (left); b) intrafoliar fold in the paragneiss of Porto Ottiolu with axial plane schistosity which transposes an early S1 foliation.



Fig. 2.14 - a) leucosome folds with subhorizontal axis in the layered migmatite; b) fold in the layered migmatite with subhorizontal axis

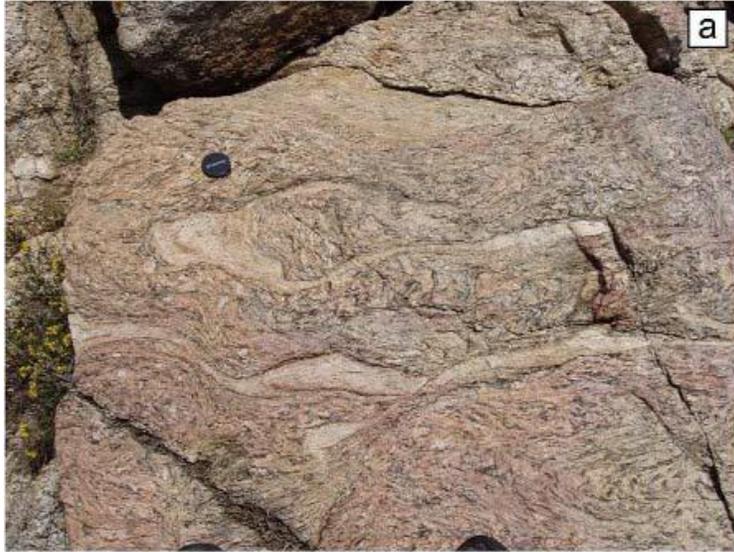


Fig. 2.16 - a), b) Folded leucosomes in the migmatized orthogneiss of Porto Ottiolu; the leucosome/mesosome interface is marked by biotite-rich melanosomes; c) leucosome emplaced along a shear zone; d) tension gashes with synkinematic intrusion of leucosome in the migmatized orthogneiss.

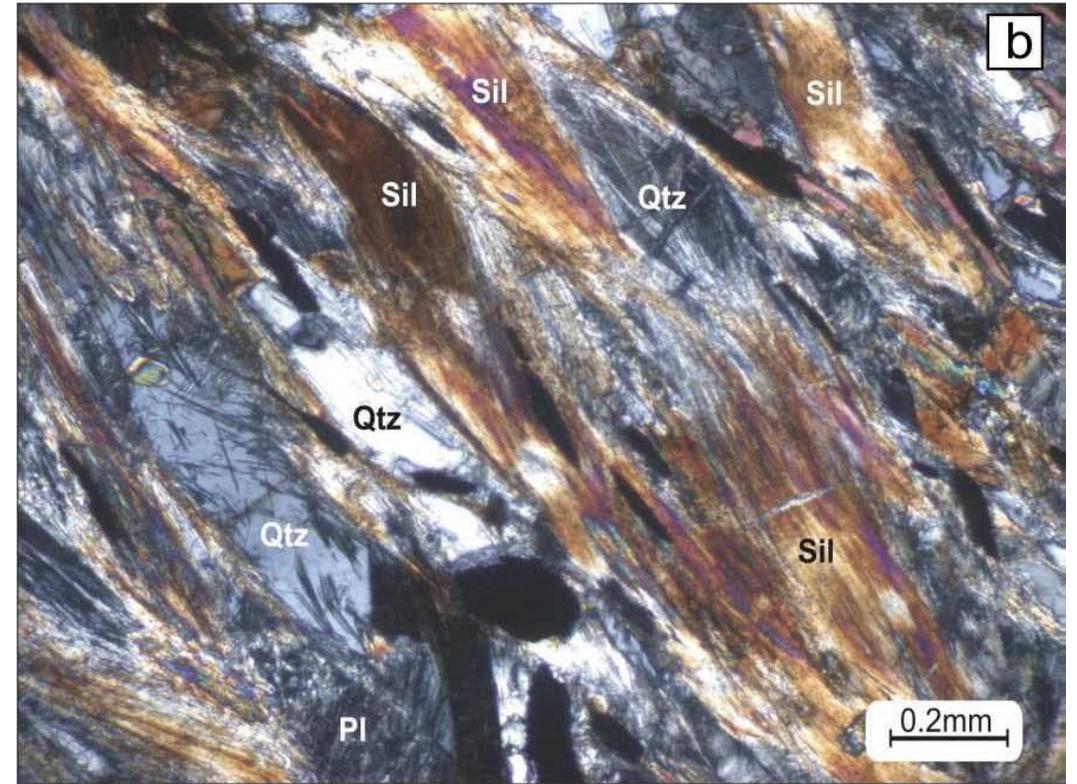


Fig. 2.17 - a) Fibrolite + quartz nodules (white) flattened and oriented along the S2 schistosity of micaschist and paragneiss; b) microstructure of a fibrolite + quartz nodule with fibrolite mats following S2 schistosity.

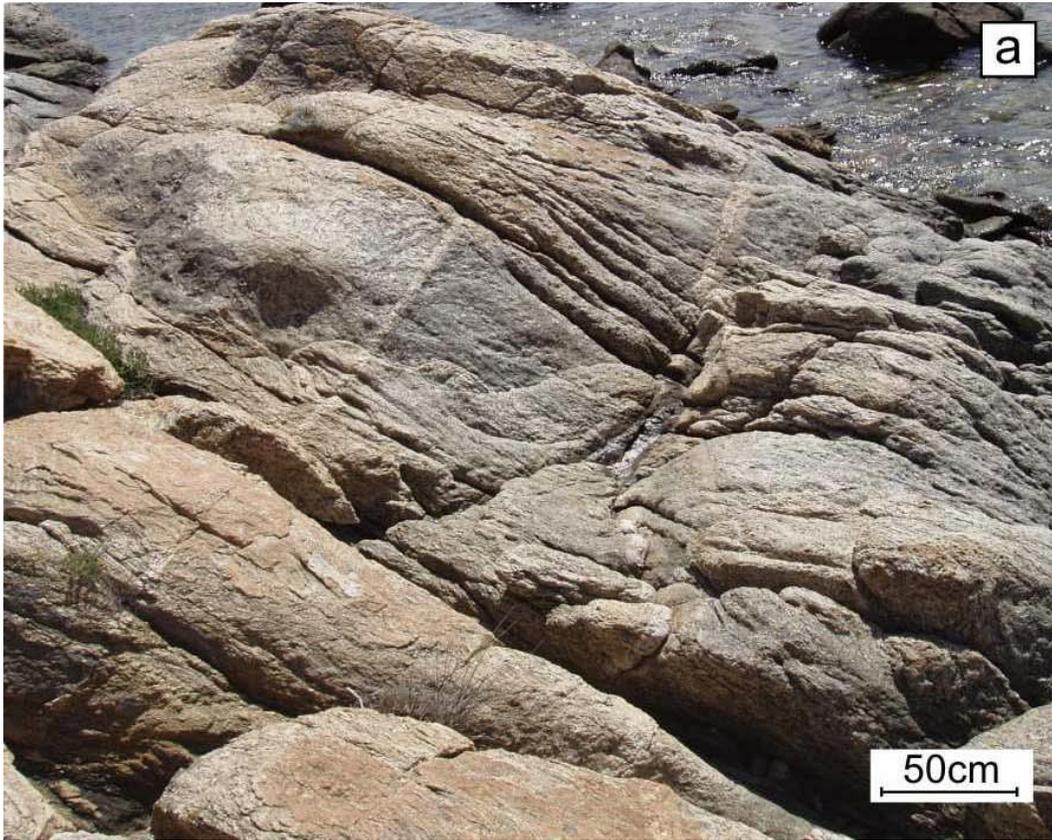


Fig. 2.18 - a) Leucogranite dykes crosscutting the migmatized orthogneiss of Porto Ottiolu; b) pegmatite dyke in the layered migmatite of Porto Ottiolu. The black mineral is tourmaline.

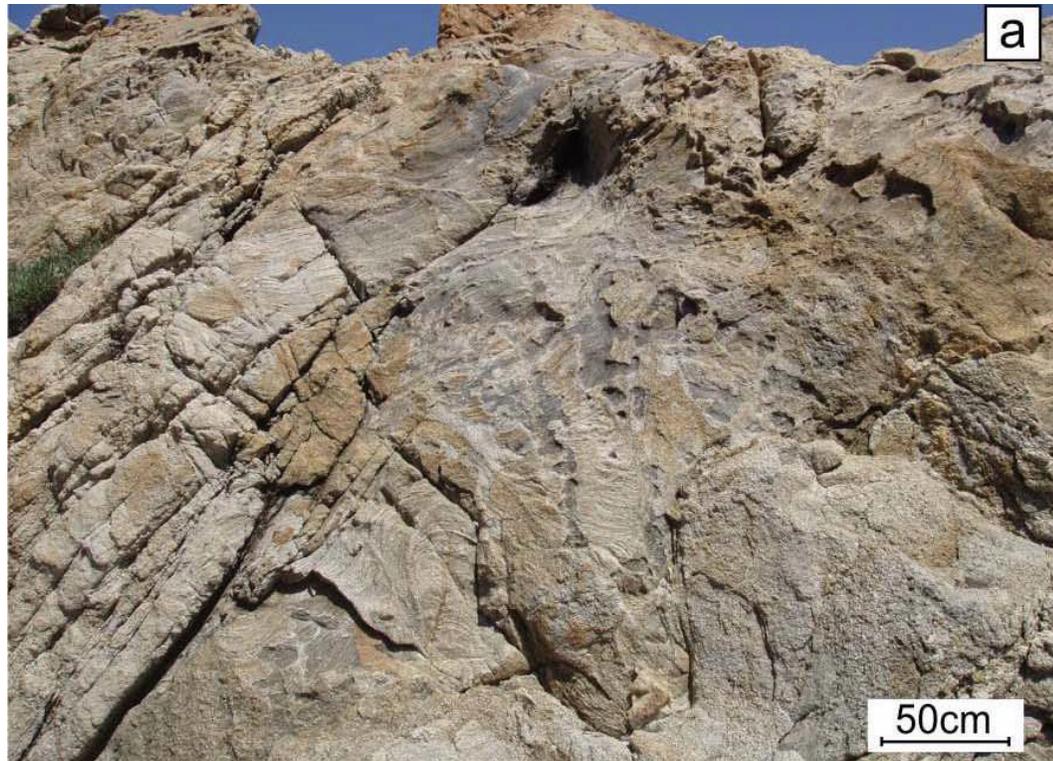


Fig. 2.19 - a) Nebulitic migmatites at the contact with the metabasite with eclogite facies relics at Punta de li Tulchi; b) detail of the nebulite structure.

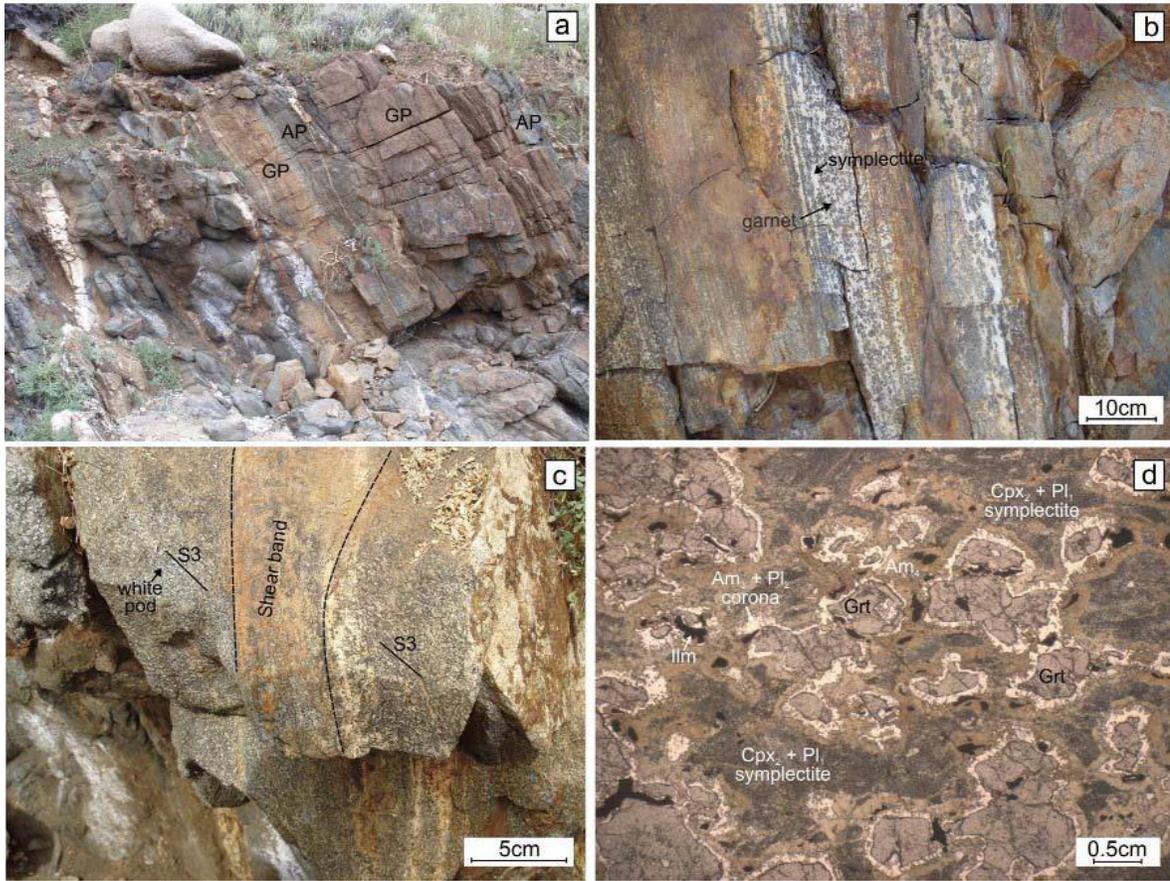


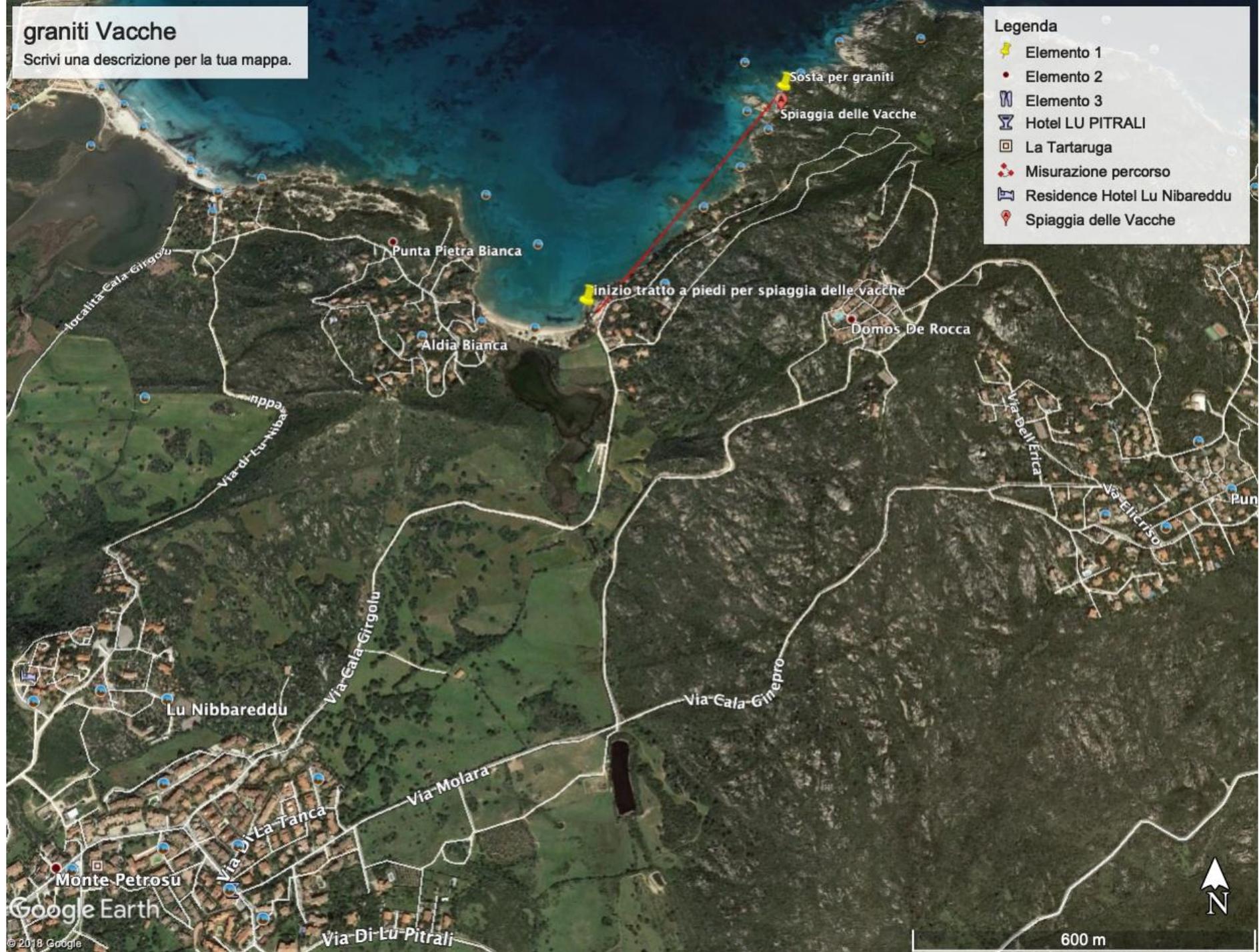
Fig. 2.20 - (a) Alternation of decimeterscale brownish Grt-Px layers and greenish Am-Pl layers; (b) detail of the Grt-Px layer with reddish garnet crystals with a dark corona surrounded by the clinopyroxene + plagioclase symplectite (white); (c) elongated white pods in the Am-Pl layers forming the S3 schistosity, which is cut by millimeter-scale shear bands; (d) photomicrograph showing microstructures in a Grt-Px layer of the Punta de li Tulchi granulitized eclogites with coronitic garnet set in a Cpx<sub>2</sub>+Pl<sub>1</sub> symplectite matrix. PPL.

# graniti Vacche

Scrivi una descrizione per la tua mappa.

## Legenda

- Elemento 1
- Elemento 2
- Elemento 3
- Hotel LU PITRALI
- La Tartaruga
- Misurazione percorso
- Residence Hotel Lu Nibareddu
- Spiaggia delle Vacche





[www.ilTurista.info](http://www.ilTurista.info)



# Immagini e testi da:

- Carmignani L., Oggiano G., Barca S., Conti P., Salvadori I., Eltrudis A., Funedda A. Pasci S. (2001) - Note illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 60, 283 pp.
- Carosi R., Cruciani G., Franceschelli M., Montomoli C. 2015. Geological Field trips, the variscan basement in Sardinia. ISPra Vol. 7 (2.1). DOI: 10.3301/GFT.2015.03
- Casula G., Cherchi A., Montadert L., Murru M. & Sarria E. (2001) - The Cenozoic grabens system of Sardinia (Italy): geodynamic evolution from new seismic and field data. *Marine and Petroleum Geology*, 18, 863–888
- Depalmas, A., Melis, R.T., 2011. The Nuragic people: their settlements, economic activities and use of the land. In: Martini, P.I., Chesworth, W. (Eds.), *Landscape and Societies. Selected Cases*. Springer, Netherlands, pp. 167-185
- Franceschelli, M., Puxeddu, M. and Cruciani, G. 2005. Variscan metamorphism in Sardinia, Italy: review and discussion. In: (eds.) Carosi, R., Dias, R., Iacopini, D., and Rosenbaum, G., *The southern Variscan belt*, *Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition*, ISSN 1441-8142, Volume 19, Paper 2
- Google Earth
- Pillola, G.L., 1991. Trilobites du Cambrien inférieur du SW de la Sardaigne, Italie. *Palaeontographia Italica*, 78, 1-174
- Pillola, G.L., 2004 - The Calcimicrobes-Archaeocyathan mounds of the Matoppa Fm. and eustatic control (Early Cambrian, SW Sardinia-Italy). *The Geological Society of America Abstracts*, 36, 4: 82
- Pillola, G.L., Floris G.G. and Loi A., 2000. Risposta delle comunità bentoniche del Cambriano inferiore alle variazioni eustatiche ad alta frequenza. In A. Cherchi & Corradini (Eds), "Crisi biologiche, radiazioni adattative e dinamica delle piattaforme carbonatiche – convegno di fine progetto nazionale di ricerca COFIN 97, Modena, 13-14 giugno 2000". *Acc. Naz. Sci. Lett. Arti di Modena*, 21, 197-203
- Pillola, G. L. & Gross, U., 1992. Statigrafia del Membro di Matoppa della Formazione di Nebida (Cambriano inferiore) nell'area M.te San Giovanni - M.te Uda: *in Carmignani et al., eds. Guida alla Geologia del Paleozoico sardo*. Guide Geologiche Regionali. Soc. Geol. It., 79-82