



**Università di Napoli
Federico II**



**Direzione Capitale Naturale,
Parchi e Aree Protette**
Area Tutela e Valorizzazione dei Paesaggi
Naturali e della Geodiversità

**Accordo di collaborazione per lo studio
Geo-Paleontologico integrato dei geositi a
piante fossili di età giurassica e cretacea
del Lazio meridionale**

**RELAZIONE CONSUNTIVA
DELLE ATTIVITA' SVOLTE NEL
PRIMO ANNO DELL'ACCORDO**

**a cura di Roberto Graziano e
Antonello Bartiromo**

26 Febbraio 2022

INTRODUZIONE

A seguito del perfezionamento dell'Accordo di collaborazione nel Febbraio 2021 (di seguito definito "Accordo"), le attività previste nel cronogramma sono iniziate con l'analisi della letteratura scientifica geologica e paleontologica pubblicata sul Cretacico e sul Giurassico del Lazio meridionale. La vasta produzione disponibile è stata vagliata alla ricerca di riferimenti geo-paleontologici sugli affioramenti a piante fossili giurassiche di Bassiano (LT) e cretacicche di Vallecorsa (FR). I riscontri hanno potuto evidenziare che a fronte della prima segnalazione di Praturlon (1965), riguardante le flore osservate nel Giurassico medio di Bassiano, non sono stati effettuati approfondimenti successivi. Di fatto, i riferimenti più recenti a tali piante (vedi: Colacicchi, 1967; Bravi, 1995; Bausch & Bravi, 1999; Dalla Vecchia, 2000; Carminati et al., 2013; Bravi et al., 2014) non hanno apportato alcun contributo originale significativo. L'affioramento a piante fossili di Vallecorsa, invece, è di fatto sconosciuto non essendo stato trovato alcun riferimento in letteratura. Per questo motivo, le analisi iniziali relative all'Accordo sono state dedicate proprio al livello a piante di Vallecorsa, segnalato agli scriventi dai geologi della "Direzione Capitale Naturale, Parchi e Aree Protette" della Regione Lazio¹, al fine di verificarne sia le condizioni di affioramento che il suo effettivo contesto stratigrafico e paleontologico. Tuttavia, le restrizioni legate alla pandemia da Covid-19 (blocco delle attività di laboratorio nell'Ateneo Federico II di Napoli per lunghi intervalli di tempo, difficoltà di approvvigionamento dei consumabili di laboratorio, interruzione della manutenzione delle attrezzature scientifiche) hanno notevolmente rallentato le attività di ricerca. Ciononostante, è stato possibile raggiungere un significativo livello delle conoscenze stratigrafiche, sedimentologiche, paleoclimatiche, paleoambientali e paleobotaniche che consentiranno di giungere in tempi ragionevolmente brevi a un quadro di dettaglio di indubbio interesse.

Di seguito, vengono descritti in maniera sintetica le attività svolte e i risultati raggiunti anche tramite un apparato iconografico riassuntivo degli elementi geologici studiati. Tra gli elementi geologici e paleontologici di considerevole interesse acquisiti per l'affioramento a piante fossili di Vallecorsa si segnala:

- 1)** l'aggiornamento del Foglio geologico 402, in scala 1:50.000, "Ceccano" (ISPRA-Servizio Geologico d'Italia, 2011) nell'intorno dell'affioramento a piante fossili a seguito del rilevamento geologico della successione locale e della relativa analisi stratigrafica e stratimetrica;
- 2)** la rivisitazione della posizione stratigrafica dell'affioramento a piante fossili, all'interno della successione carbonatica del Cretacico medio in facies di piattaforma dei Monti Ausoni e dei Monti Aurunci occidentali, desumibile dalla sua localizzazione nel Foglio geologico 402, in scala 1:50.000, "Ceccano" (ISPRA-Servizio Geologico d'Italia, 2011);
- 3)** la prima campionatura speditiva, ai fini paleobotanici e stratigrafico-sedimentologici, del livello a piante fossili e di quelli immediatamente ad esso sottostanti e soprastanti;
- 4)** il ritrovamento sul terreno (versante orientale di Monte Calvo) di una successione stratigrafica campionabile, ben esposta e di spessore adeguato (molte decine di metri) contenente lo stesso livello a piante fossili segnalato dai geologi della Regione Lazio;
- 5)** le prime analisi di laboratorio sui campioni di cui al punto 3;
- 6)** lo studio paleobotanico preliminare degli esemplari di piante fossili campionate con la loro iniziale attribuzione tassonomica;
- 7)** l'analisi preliminare dei caratteri paleoambientali e paleoclimatici delle dolomie e delle piante presenti nell'affioramento in esame.

La particolare rilevanza geologica e paleontologica del punto 4 risiede nella completa esposizione del livello a piante in esame (di seguito: "Affioramento 2") e nella individuazione di una stratigrafia

¹ B.A. era già a conoscenza del materiale paleobotanico, ma non dell'ubicazione del sito paleontologico.

più completa e tale da indicare l'esistenza di un secondo livello a piante, finora sconosciuto, posto solo pochi decimetri al di sopra del livello già noto (in seguito: "Affioramento 1"). Questa nuova successione, nel secondo anno dell'Accordo, sarà oggetto di un campionamento di dettaglio (per analisi di facies, chemostratigrafiche e paleobotaniche) da cui ricavare con precisione l'età, il contesto evolutivo paleoambientale, paleoecologico e paleoclimatico del livello a piante fossili di Vallecorsa unitamente alla sua possibile correlazione in chiave regionale e supraregionale.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO DELL'AFFIORAMENTO A PIANTE FOSSILI DI VALLECORSA

L'unico affioramento finora conosciuto contenente le piante fossili di Vallecorsa ("Affioramento 1") ricade nello spigolo SO del Foglio geologico n°402 "Ceccano" (ISPRA-Servizio Geologico d'Italia, 2011), all'interno della successione stratigrafica in facies di piattaforma carbonatica del Cretacico medio dei Monti Ausoni-Monti Aurunci occidentali (Fig. 1). Più in particolare, la localizzazione dell'Affioramento 1 nel Foglio geologico n° 402 "Ceccano" (ISPRA-Servizio Geologico d'Italia, 2011), suggerirebbe la sua collocazione nella porzione superiore dell'unità litostratigrafica del Membro superiore dei Calcari ad Alveolinidi e dolomie laminate (DLA₂), di età Cenomaniano superiore, in prossimità del passaggio con la sovrastante unità dei Calcari a Radiolitidi (RDT), del Turoniano-Santoniano *p.p.* (Figg. 2 e 3). Nella presente Relazione, tuttavia, tale posizione stratigrafica viene riveduta e corretta sulla base dei dati indicati (vedi anche Figg. 2, 3 e 4).

Chiocchini et al. (1994, 2008) hanno pubblicato la colonna stratigrafica di Serra del Pruno (esposta solo pochi km a Nord dell'Affioramento 1) (Fig. 5) con la relativa biozonazione dell'intervallo Aptiano *p.p.*-Turoniano *p.p.* Tale successione-tipo del Cretacico medio nel Lazio meridionale riveste una particolare importanza per l'inquadramento stratigrafico del livello a piante fossili di Vallecorsa e la sua analisi critica consente di ritenere che tale livello ricada nel Cenomaniano medio (vedi il capitolo "Biostratigrafia dell'Intervallo 2" e la discussione in Figg. 4 e 5).

La pubblicazione del Foglio geologico n° 402 "Ceccano" (ISPRA-Servizio Geologico d'Italia, 2011) e quella successiva delle sue Note Illustrative (Centamore & Dramis, 2015) hanno permesso di prendere in considerazione alcuni aspetti critici della locale stratigrafia del Cenomaniano desunta dai lavori precedenti. La sintesi di tali aggiornamenti è data in Fig. 5 e individua una serie di eventi di continentalità nel Cenomaniano durante fasi paleoclimatiche sia umide che aride, analogamente a quanto descritto nell'Aptiano della Piattaforma carbonatica appenninica da Graziano & Raspini (2015) e Graziano et al. (2016).

DESCRIZIONE SEDIMENTOLOGICA, PETROGRAFICA E STRATIGRAFICA DELL'AFFIORAMENTO 1

L'Affioramento 1 è localizzato lungo una strada comunale asfaltata, in località Castelluccio, al piede del versante che chiude verso Sud la depressione strutturale di Vallecorsa (Fig. 2). Sebbene le condizioni di affioramento non siano ottimali a causa di estese coperture detritiche e boschive, lo scasso effettuato per la costruzione della strada comunale ha esposto circa 2.5 m di una successione in larga parte dolomitica blandamente stratificata o stratoide. Al suo interno è stata individuata una successione verticale di tre intervalli distinti sulla base di specifiche caratteristiche litologiche (Fig. 6A). La presenza di piante fossili di Vallecorsa è stata rinvenuta in modo più consistente e significativo all'interno dell'Intervallo 2, costituito da dolomie microcristalline giallastre (Fig. 6).

Intervallo inferiore (Intervallo 1)

Affiorante solo per pochi dm, e a base non esposta, è costituito da dolomie grigiastre e grigio-bluastre apparentemente massive e senza tracce evidenti di laminazioni o altre strutture sedimentarie (Fig. 6B). Le dolomie, compatte, microporose e microcristalline, contengono diffuse plaghe e tubuli ad andamento 3D irregolare e di dimensioni da pochi mm ad alcuni cm. I tubuli, in genere di pochi mm di diametro, sono particolarmente frequenti e non mostrano un arrangiamento preferenziale nelle dolomie. I tubuli e le plaghe, di colore grigio scuro o nerastro, mostrano alla lente di ingrandimento 10x una marcata differenza litologica con le dolomie incassanti, soprattutto per una taglia granulometrica relativamente maggiore dei cristalli di microdolomite e per la significativa concentrazione di corpuscoli nerastri e neri di piccole dimensioni (frazioni di mm). Da rimarcare la presenza di globuli e corpuscoli, questi ultimi allungati per pochissimi mm e fino a 1 cm, di materiale nerastro a contorno netto e, talora, sfrangiato a formare delle vaghe isorientazioni parallele alla stratificazione (Fig. 6B). Le osservazioni in sezione sottile hanno mostrato che plaghe e tubuli di colore grigio scuro e nerastro risultano dalla significativa concentrazione di materia organica e minerali opachi variamente alterati (presumibilmente, ossidi e idrossidi ferro). In alcuni casi, tali corpuscoli neri mostrano delle vaghe organizzazioni interne a suggerire la presenza di resti di frammenti vegetali variamente alterati (Fig. 7A, B, C).

Intervallo intermedio (Intervallo 2)

Il passaggio dall'intervallo sottostante è abbastanza rapido e consiste nel marcato incremento dei resti di piante fossili, nell'assunzione di una marcata colorazione giallastra delle dolomie e nella pervasiva e caratteristica bioturbazione resa visibile da tubuli anastomosati e allungati fino ad alcuni cm e con diametri variabili dai pochi mm a circa 1 cm (Fig. 6C). Tali tubuli mostrano una taglia granulometrica del riempimento microdolomitico che è di solito di poco maggiore rispetto al sedimento incassante e una ben maggiore quantità di materia organica e concentrazioni di minerali opachi. I contatti tra i tubuli e il sedimento esterno sono in genere molto definiti e arrotondati (Fig. 7E). L'Intervallo 2, spesso poco più di 1 m, non appare ben stratificato ed è proprio l'elevata concentrazione di resti di piante in pochi livelli, spessi pochi cm, a individuare un'apprezzabile discontinuità verticale delle dolomie e a conferire ad esse una sottile laminazione (in genere di pochi mm, più raramente inferiore). Il principale di tali livelli ricchi di piante, spesso poco più di 10 cm, si rinviene nella porzione intermedia dell'Intervallo e mostra una ragguardevole densità dei resti vegetali con assi di dimensione anche pluridecimetrica (vedi il capitolo "Analisi paleobotanica") (Fig. 8). La dolomia giallastra dell'Intervallo è priva di qualsiasi microfossile di origine marina. Un'unica possibile eccezione è costituita da rari e minuti resti di ossicoli di pesce (Fig. 7D) privi, finora, di qualsiasi possibile attribuzione tassonomica. Nelle dolomie sono localmente diffusi dei frammenti carboniosi di dimensione millimetrica e submillimetrica riconducibili a resti vegetali non identificabili (Fig. 7F). Nel complesso, la distribuzione verticale qualitativa dei resti di piante fossili individua un trend crescente verso un livello di acme, posto nella porzione intermedia dell'Intervallo, cui segue una graduale diminuzione della loro frequenza e delle dimensioni (Fig. 6).

Intervallo superiore (Intervallo 3)

Anche in questo caso, il passaggio dall'Intervallo sottostante è rapido, ma non brusco (Fig. 9A). A uno spessore di circa 10 cm di dolomie molto simili a quelle dell'Intervallo 2, ma con una bioturbazione meno marcata e con una quantità di materia organica molto inferiore (Fig. 9B), succede una intercalazione di calcari dolomitici e dolomie calcaree, a grana molto fine e di colore generalmente nocciola scuro, con vistose bioturbazioni decimetriche (tentativamente attribuite a radici di mangrovie) (Fig. 9C; Figg. 7G, H), privi di resti di piante. Questi sedimenti contengono le prime forme di origine marina (foraminiferi bentonici textularidi e miliolidi), benché rare e “nane”, a testimoniare l'inizio di un chiaro trend trasgressivo che porta a chiudere l'evento di continentalità, testimoniato dagli Intervalli 1 e 2 a piante fossili, con delle biofacies marine deposte in un contesto di laguna molto ristretta. Lo spessore affiorante di questo Intervallo non supera i circa 50 cm a causa di estese coperture di coltri detritiche.

Petrografia delle dolomie degli Intervalli 1 e 2

Anche in questo caso, le analisi petrografiche delle dolomie sono allo stato iniziale e sono basate sull'analisi di pochi campioni osservati esclusivamente al microscopio stereoscopico binoculare e a ingrandimenti non superiori ai 60x. Tuttavia, i caratteri essenziali dell'impalcatura microcristallina delle dolomie e dei relativi microcristalli sono così sintetizzati (Fig. 7):

- 1) dimensioni estremamente ridotte (fino a 15-20 μm);
- 2) limpidezza e mancanza di zonazione nei singoli cristalli;
- 3) mosaico molto denso e omogeneo di tipo “*planar-e*”;
- 4) preservazione dei caratteri deposizionali primari (ad es.: laminazioni, resti organici);
- 5) relazione diretta dei microcristalli con l'abbondante materia organica e abito cristallino xeno- o ipidiotopico.

Nell'insieme, tali caratteristiche suggeriscono una deposizione primaria e non una formazione diagenetica delle dolomie, coerentemente con il contesto paleoambientale suggerito dalle piante presenti al loro interno (vedi capitolo sulla Paleobotanica).

Cenni sull'inquadramento paleoambientale delle dolomie a piante fossili (Intervalli 1 e 2)

In generale, i caratteri sedimentologici e petrografici delle dolomie a piante degli Intervalli 1 e 2 indicano l'esistenza di paleosuoli e crostoni dolomitici con attiva precipitazione primaria di dolomia microcristallina in contesti subaerei e, molto probabilmente, di tipo paralico. Tali sedimenti mostrano una diffusa bioturbazione operata da radici di piante, come si evince dall'elevata diffusione dei tubuli descritti in precedenza che riteniamo rappresentare tipiche rizocrezioni (Fig. 6B, C; Fig. 7; Fig. 9B) sviluppatasi all'interno di suoli con ridotta umidità.

Il quadro paleoambientale e paleoclimatico che deriva da questi elementi di analisi, coerentemente al significato delle piante fossili contenute nelle dolomie dell'Intervallo 2 (vedi il capitolo “Analisi paleobotanica”), è quello di una pianura costiera sviluppata in contesti aridi e soggetta a una marcata evapotraspirazione durante una prolungata fase emersiva della Piattaforma carbonatica appenninica.

Biostratigrafia dell'Intervallo 2

Le analisi biostratigrafiche sono in corso di effettuazione. I primi risultati ottenuti si basano sul rinvenimento della Biozona a *P. dubia* e *P. laurinensis* solo pochi metri al di sotto dell'Intervallo 2 a piante (in corrispondenza dell'Affioramento 2, vedi sotto). Chiocchini et al. (2008, 2012) riferiscono tale Biozona alla parte inferiore del Cenomaniano superiore non riconoscendo la suddivisione cronostratigrafica del Cenomaniano medio nelle successioni di piattaforma carbonatica. Altri autori come Husinec et al. (2000), ad esempio, considerano invece tale biozona come indicativa del Cenomaniano medio. In tale modo, il livello a piante fossili di Vallecorsa (Affioramento 1) dovrebbe essere ritenuto ricadere in tale subpiano e, di conseguenza, nell'unità DLA₁ del Foglio 402 "Ceccano" (Fig. 5). La discussione del significato cronostratigrafico della biozona a *P. dubia* e *P. laurinensis* è stata fornita di recente da Bartiromo et al. (2019) in relazione a una *Sequence Boundary Zone* (SBZ), contraddistinta da due livelli ricchi di piante (tra cui la conifera *Frenelopsis* sp.), osservata nella porzione inferiore del Cenomaniano medio della Piattaforma appenninica affiorante in Cilento (Campania meridionale). Si ipotizza qui che il livello a piante fossili di Vallecorsa possa costituire un evento di marcata continentalità ben correlabile a quello cilentano in termini di stratigrafia fisica.

ANALISI CRITICA DEL CENOMANIANO NELL'AREA DI VALLECORSA E DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DELL'AFFIORAMENTO 2

La necessità di rinvenire in affioramento una sezione stratigrafica dell'intervallo a piante fossili (Intervallo 2) ben esposta, e con una significativa continuità verticale degli strati sopra- e sottostanti, ha richiesto una verifica della recente cartografia geologica disponibile (Foglio 402, "Ceccano"; ISPRA Servizio Geologico d'Italia, 2011) tramite il rilevamento geologico di dettaglio dell'area nell'intorno dell'Affioramento 1. Tale cartografia, infatti, indica che esso ricade nella porzione sommitale dell'unità DLA₂ (Cenomaniano sup. sommitale), in prossimità del limite con la soprastante unità RDT del Turoniano-Santoniano (Figg. 2, 3 e 10). Sembra quindi probabile che il livello dolomitico dell'Affioramento 1 (contenente le piante fossili di Vallecorsa) sia stato erroneamente identificato dai rilevatori del Foglio 402 "Ceccano" come il livello dolomitico privo di fossili marini presente al top della sezione di Serra del Pruno (banda grigia in Fig. 5) e, quindi, considerato in senso litostratigrafico come la porzione sommitale dell'unità DLA₂. In questo senso, le piante fossili dell'Affioramento 1 dovrebbero ricoprire un'età corrispondente, o appena precedente, a quella del livello anossico oceanico "Bonarelli" (OAE2). Tuttavia, alcune evidenze stratigrafiche di terreno, oltre che considerazioni di geologia regionale e di paleoclimatologia del Cenomaniano nell'area tetidea, ci hanno indotto a considerare la collocazione cartografica dell'Affioramento 1 in modo differente e a considerarlo, invece, compreso nel Cenomaniano medio (porzione superiore dell'unità DLA₁), poco al di sopra del "Livello bauxitico 2" (Figg. 2, 3 e 5). Questa attribuzione, più in particolare, è avvalorata da:

- 1) l'estensione biostratigrafica della biozona a *P. dubia* e *P. laurinensis* (vedi capitolo "Biostratigrafia dell'Intervallo 2");
- 2) l'assenza delle spesse bancate a rudiste tipiche dell'unità RDT che, in mancanza di dislocazioni tettoniche, dovrebbero trovarsi stratigraficamente al di sopra del livello a piante dell'Affioramento 1;
- 3) il significato paleoclimatico arido delle piante fossili rinvenute nell'Intervallo 2 (vedi i capitoli: "Cenni sull'inquadramento paleoambientale delle dolomie a piante fossili (Intervalli 1 e 2)" e

“Analisi paleobotanica”) non è coerente con il contesto tropicale umido connesso al picco climatico mondiale caldo in prossimità del limite Cenomaniano-Turoniano (ad es.: Jenkyns, 2010; O’Brien et al., 2017), né alla vasta deposizione nell’area perimediterranea del contemporaneo livello bauxitico (D’Argenio & Mindszenty, 1995). Tale livello, ben noto anche in Italia centrale e meridionale, e indicato nelle successioni di piattaforma laziali e abruzzesi come “Livello bauxitico 2” (ad es.: Chiocchini et al., 2012) (Fig. 5), è stato descritto anche nel Foglio 402 “Ceccano” (Centamore & Dramis, 2015) in termini di variazione laterale delle litofacies corrispondenti. E’ bene sottolineare, a tale riguardo, che esiste nelle successioni di piattaforma carbonatica della Puglia anche un terzo livello bauxitifero più recente (di età turoniana) che indica il ritorno a condizioni paleoclimatiche umide dopo la fase arida del Cenomaniano medio testimoniata, nel Lazio meridionale, dalle piante fossili di Vallecorsa.

Descrizione stratigrafica dell’Affioramento 2

La verifica di tale assetto stratigrafico è stata compiuta, in particolare, sul versante orientale di M. Calvo, dove la cartografia geologica nel Foglio 402 “Ceccano” mostra una continuità di affioramento dell’intera successione del Cenomaniano-Turoniano in assenza di disturbi tettonici significativi (Fig. 10). Il rilevamento stratigrafico di tale successione ha mostrato la presenza nella porzione superiore dell’unità DLA₁ di un intervallo perfettamente correlabile a quello dell’Affioramento 1 per quanto attiene i caratteri litologici, sedimentologici, stratimetrici e paleobotanici (Fig. 11). Questo affioramento (Affioramento 2) viene qui considerato come il corrispondente locale dell’Affioramento 1 esposto a una distanza di soli 750 m verso Ovest (Fig. 2).

In quest’area, la successione mostra anche un secondo livello di tipo plattenkalk a piante posto in continuità stratigrafica sull’Intervallo 3 dell’Affioramento 1 (Fig. 11). L’analisi paleobotanica e sedimentologica di questo nuovo livello a piante è in corso di attuazione.

ANALISI PALEOBOTANICA (AFFIORAMENTO 1 - INTERVALLO 2)

Dopo attenta analisi mesoscopica e microscopica, le entità paleobotaniche rinvenute sono state attribuite al genere naturale *Geinitzia*, una conifera appartenente alla Classe Pinopsida ed in particolare all’estinta Famiglia delle Geinitziaceae (Kunzmann, 2010). *Geinitzia* è conosciuta principalmente da depositi mesozoici, in particolare cretacici (Halamski 2013), sebbene alcuni autori abbiano rinvenuto reperti paleobotanici attribuiti a *Geinitzia* in rocce permiane della Siberia (Meyen, 1997). Questo genere ha un’ampia distribuzione geografica ed è stato rinvenuto in America, Asia ed Europa ed è molto abbondante in siti europei cretacici in cui si rinvencono piante terrestri (vedi Moreau et al., 2021 per una lista dei siti in cui è stato rinvenuto questo genere). In particolare, la specie *G. reichenbachii* è una delle conifere cretache più diffuse in Europa e Nord America ed è stata rinvenuta in località che hanno un’età compresa tra l’Hauteriviano ed il Maastrichtiano.

Materiale e Metodi

Il materiale paleobotanico rinvenuto a Vallecorsa (“Affioramento 1”) (vedi ad es., Figg. 8, 12) è costituito da frammenti centimetrici e decimetrici di ramificazioni terminali. La singolare

morfologia degli assi deriva dalla particolare distribuzione e persistenza delle foglie sull'asse. Le foglie, lunghe circa 5-8 mm, presenti lungo l'asse spesso si sovrappongono a quelle che le seguono, caratteristica diagnostica di *Geinitzia*. Tra i campioni rinvenuti si riscontrano ramificazioni (Figg. 8, 12) e assi singoli. Gli assi da cui si dipartono le foglie hanno una larghezza di circa 1-3 mm, sono robusti e leggermente incurvati. La disposizione delle foglie attorno all'asse è spiralata. Le foglie, più o meno uniformi, sono falcate ma alcune anche leggermente sinuose. Esse si dipartono bruscamente dall'asse con un angolo che in genere è inferiore ai 90°. La parte basale della foglia non è contratta e si presenta marcatamente decorrente all'asse. Gli apici fogliari sono acuti e la punta talvolta non è preservata. Il margine fogliare è intero e presenta una chiglia abassiale pronunciata ed una chiglia adassiale meno marcata. In sezione trasversale (circa 1,2 mm verticalmente per 1,2 mm orizzontalmente) mostrano 4 lati ed hanno una base fogliare decorrente ed un singolo canale centrale. L'appiattimento laterale delle foglie è solo apparente ed è dovuta a processi diagenetici.

Il materiale è stato prelevato dal sito paleontologico, ripulito dal terreno vegetale, numerato e imbustato. I campioni sono stati osservati al microscopio stereoscopico per determinarne i caratteri mesoscopici.

Tafonomia

La maggior parte dei resti paleobotanici oggetto del presente studio è composta da: parti terminali di ramificazioni presentanti foglie con disposizione spiralata, assi ramificati di dimensioni decimetriche (Figg. 8 e 12). Sono altresì presenti assi lunghi circa 20 cm e larghi 2-3 cm. Gli elementi vegetali sono distribuiti senza orientazione preferenziale sulle superfici di strato. In alcuni campioni, la preservazione della cuticola consentirà lo studio delle caratteristiche cellulari - cellule epidermiche ed apparati stomatici- per mezzo di osservazioni sia al microscopio ottico sia al microscopio elettronico a scansione. Il grado di conservazione del materiale -preservazione della cuticola- e la presenza di elementi vegetali articolati fa pensare a resti paleobotanici che hanno subito un trasporto limitato e che si sono sedimentati vicino al luogo in cui queste piante abitavano: condizione parautoctona.

Paleoecologia

Questo genere era adattato ad ecosistemi litorali collegati al mare aperto ed influenzati da apporti terrestri. *Geinitzia* era adattata a condizioni aride, resisteva al forte irraggiamento solare ed a temperature elevate e viveva in contesti paralici sottoposti all'azione di spray salini (Moreau et al., 2021). Le dimensioni fogliari ridotte erano funzionali alla riduzione dell'impatto dell'irraggiamento solare.

Le piante fossili rinvenute nel sito di Vallecorsa presentano affinità ecologiche e ambientali con quelle del sito del Cenomaniano medio di Magliano Vetere (Regione Campania, provincia di Salerno) (Bartirromo, 2008; Bartirromo et al., 2019).

BIBLIOGRAFIA

- Bartiromo A., 2008. Studio paleobotanico dei giacimenti del Cretacico della Campania (Italia). Aspetti tafonomici, paleoecologici, stratigrafici e sedimentologici. Tesi Dottorato di Ricerca in "Scienze della Terra – Geologia del Sedimentario" (XX ciclo) presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II" (Dipartimento di Scienze della Terra). 390 pp.
- Bartiromo A., Graziano R., Raspini A. & Bravi S. 2019. A new terrestrial plant-rich Fossil-Lagerstätte from the middle Cenomanian (Late Cretaceous) of the Apennine Carbonate Platform (Magliano Vetere, southern Italy): Depositional and palaeoenvironmental settings. *Sedimentary Geology*, 388, 37-65. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 418, 319–343.
- Bausch W. & Bravi S. 1999. Comparison of south-Italian Profeti and Bassiano platy dolomites and their geochemistry. Third International Symposium on lithographic limestones. Extended abstract. *Rivista del Museo Civico di Storia Naturale "E. Caffi"*, 20, 29-32.
- Bravi S. 1995. Studies on old and new Meso-Cenozoic "Plattenkalk" in Southern Italy. II Intern. Symp. on Lithographic Limestones, Lleida - Cuenca (Spain) 9th - 16th July 1995 - Extended Abstracts, pp. 39-43.
- Bravi S., Garassino A., Bartiromo A., Audo D., Charbonnier S., Schweigert G., Thevenard F. and Longobardi C. 2014. Middle Jurassic Monte Fallano Plattenkalk (Campania, southern Italy): first report on terrestrial plants, decapod crustaceans and fishes. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abh.* 272/1, 79-107.
- Carminati et al. 2013. Mesozoic Syn- and Postdrifting Evolution of the Central Apennines, Italy: The Role of Triassic Evaporites. *The Journal of Geology*, 121, 327–354.
- Centamore E. & Dramis F. 2015. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 402 Ceccano. ISPRA, Servizio Geologico d'Italia.
- Chiocchini M., Chiocchini R.A., Didaskalou P. & Potetti M. 2008. Microbiostratigrafia del Triassico superiore, Giurassico e Cretacico in facies di piattaforma carbonatica del Lazio centro-meridionale e Abruzzo: revisione finale. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, LXXXIV, 5-170.
- Chiocchini M., Pampaloni M.L. & Pichezzi R. 2012. Microfacies e microfossili delle successioni carbonatiche mesozoiche del Lazio e dell'Abruzzo (Italia centrale): Cretacico. *Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia*, Vol. XVII, 269 p.
- Colacicchi R., 1967. Geologia della Marsica orientale. *Geologica Romana*, VI, 189-316.
- D'Argenio B. & Mindszenty A., 1995. Bauxites and related paleokarst: tectonic and climatic event markers at regional unconformities. *Eclogae geol. Helv.*, 88, 453-499.
- Dalla Vecchia F.M. 2000. Macrovegetali terrestri nel Mesozoico italiano: un'ulteriore evidenza di frequenti emersioni. *Natura Nascosta*, 20, 18-35.
- Graziano R. & Raspini A. 2015. Long- and short-term hydroclimatic variabilities in the Aptian Tethys: Clues from the orbital chronostratigraphy of evaporite-rich beds in the Apennine carbonate platform (Mt. Faito, southern Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 418, 319–343.
- Graziano R., Raspini A. & Bartiromo A. 2016. Late Aptian palaeoclimatic turnovers and volcanism: Insights from a shallow-marine and continental succession of the Apennine carbonate platform, southern Italy. *Sedimentary Geology*, 339, 188-217.
- Halamski A.T. 2013. Latest Cretaceous leaf floras from southern Poland and western Ukraine. *Acta Palaeontologica Polonica* 58, 407-443.
- Husinec A., Velic I., Fucek L., Vlahovic I., Maticec D., Ostric N. & Korbar T. 2000. Mid Cretaceous orbitolinid (Foraminiferida) record from the islands of Cres and Losinj (Croatia) and its regional stratigraphic correlation. *Cretaceous Research*, 21, 155-171.

- ISPRA-Servizio Geologico d'Italia, 2011. Foglio geologico alla scala 1:50.000 n°402, Ceccano.
- Jenkyns H.C. 2010. Geochemistry of oceanic anoxic events. *Geochemistry, Geophysics Geosystem*, 11, Q03004.
- Kunzmann L. 2010. *Geinitzia reichenbachii* (Geinitz, 1842) Hollick and Jeffrey, 1909 and *Sedites rabenhorstii* Geinitz, 1842 (Pinopsida; late Cretaceous) reconsidered and redescribed. *Review of Palaeobotany and Palynology* 159, 123-140.
- Meyen S.V., 1997. Permian conifers of western Angaraland. *Review of Palaeobotany and Palynology* 96, 351-447.
- Moreau J.-D., Philippe M., Néraudeau, D., Dépré E., Le Couls M., Fernandez V., Beurel S. 2021. Paleohistology of the Cretaceous resin producing conifer *Geinitzia reichenbachii* using X-ray synchrotron Microtomography. *American Journal of Botany* 108, 1745-1760.
- O'Brien C.L. et al. 2017. Cretaceous sea-surface temperature evolution: Constraints from TEX₈₆ and planktonic foraminiferal oxygen isotopes. *Earth-Science Reviews*, 172, 224–247.
- Praturlon A. 1965. Resti di conifere al passaggio Giurese-Cretaceo nei Monti Lepini. *Bollettino della Società Geologica Italiana* LXXXIV, pp. 279-281.

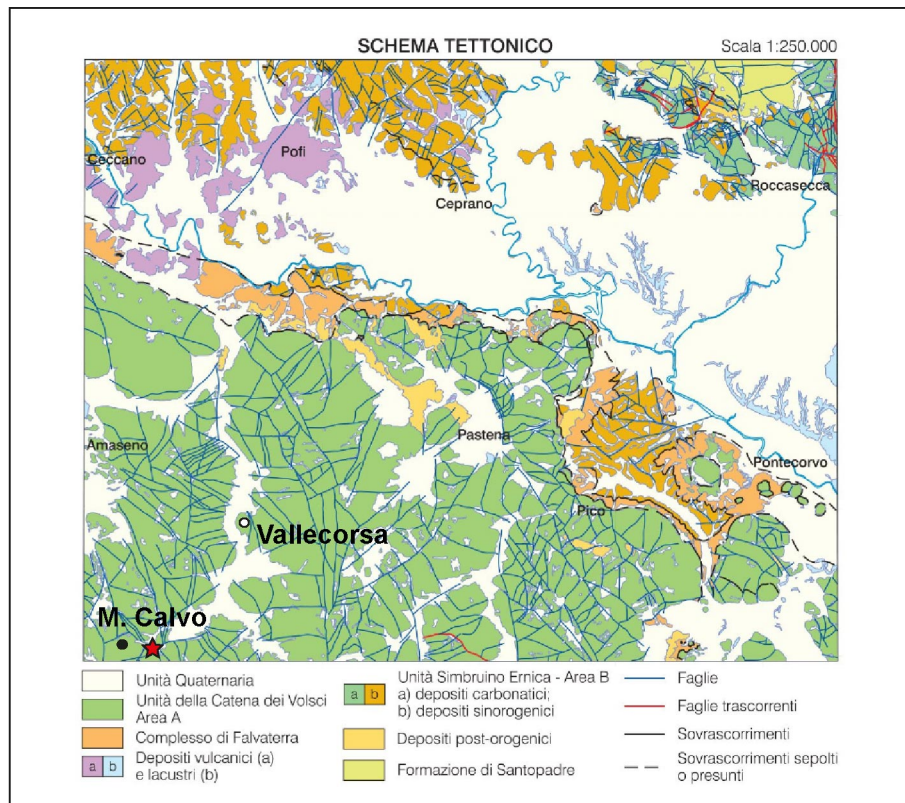
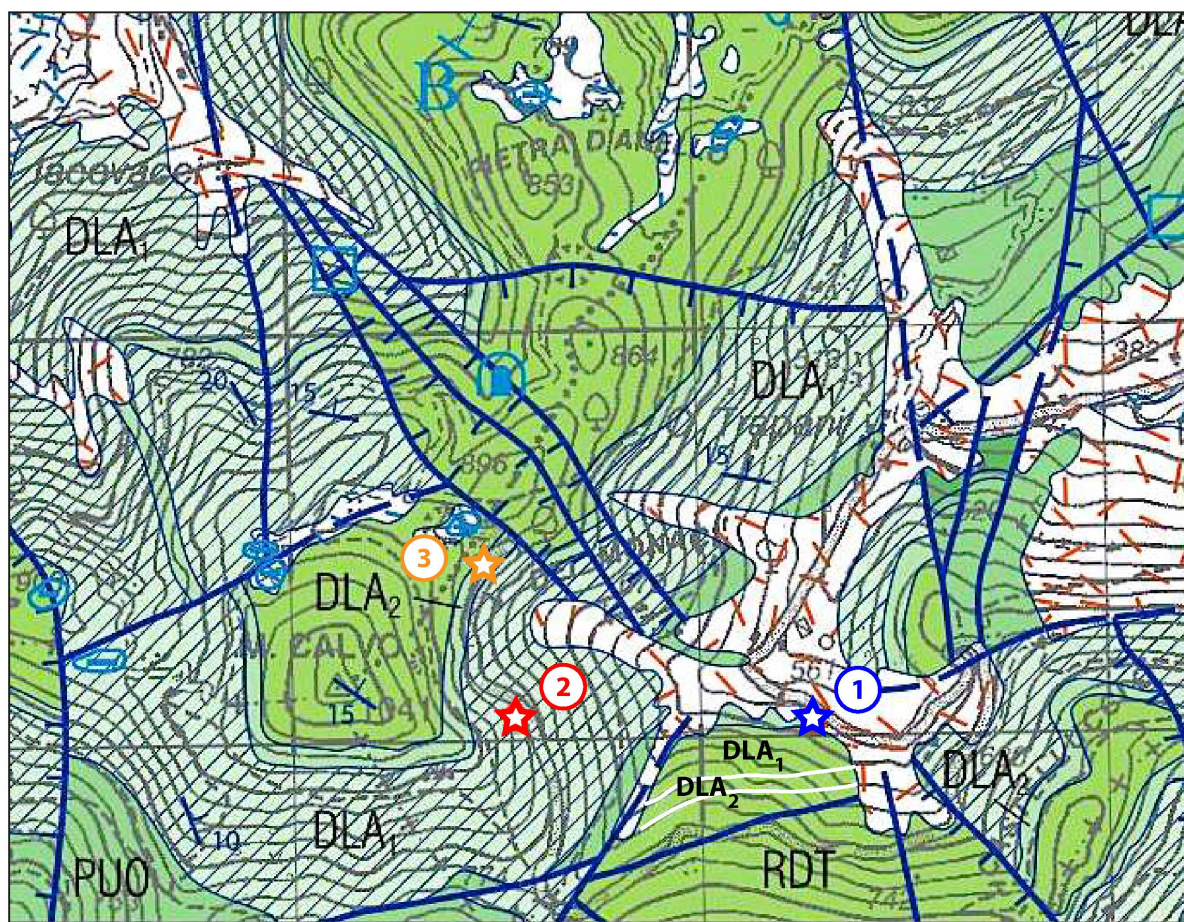


Fig. 1

Localizzazione dell'affioramento a piante di Vallecorsa (stella rossa) nello Schema tettonico del Foglio Geologico 402, "Ceccano".



- ① Localizzazione del livello a piante già noto ("Affioramento 1")
- ② Localizzazione del livello a piante corrispondente a quello già noto ("Affioramento 1") e rilevato sul terreno nella successione esposta sul versante Est di Monte Calvo ("Affioramento 2")
- ③ Proiezione locale della posizione del livello a piante già noto ("Affioramento 1") sulla base del significato litostratigrafico di quest'ultimo nel Foglio 402 "Ceccano"



Modifica dell'assetto geologico locale rappresentato nel Foglio geologico 402 "Ceccano" in corrispondenza dell'affioramento a piante ("Affioramento 1")

Fig. 2

Stralcio del Foglio geologico 402 "Ceccano", pochi km SE dell'abitato di Vallecora, con la localizzazione dell'"Affioramento 1" e della sua correlazione con l'intervallo a piante rinvenuto sul versante Est di M. Calvo. L'analisi stratigrafica e i dati di rilevamento originali inducono a ritenere che la reale posizione stratigrafica dell'Affioramento 1 ricada nella porzione medio-superiore del Membro a *Sellialveolina viallii* (DLA₁) e non nel soprastante Membro a *Cisalveolina fraasi* (DLA₂). La risultante modifica dell'assetto geologico locale è stata riportata nel campo carta.

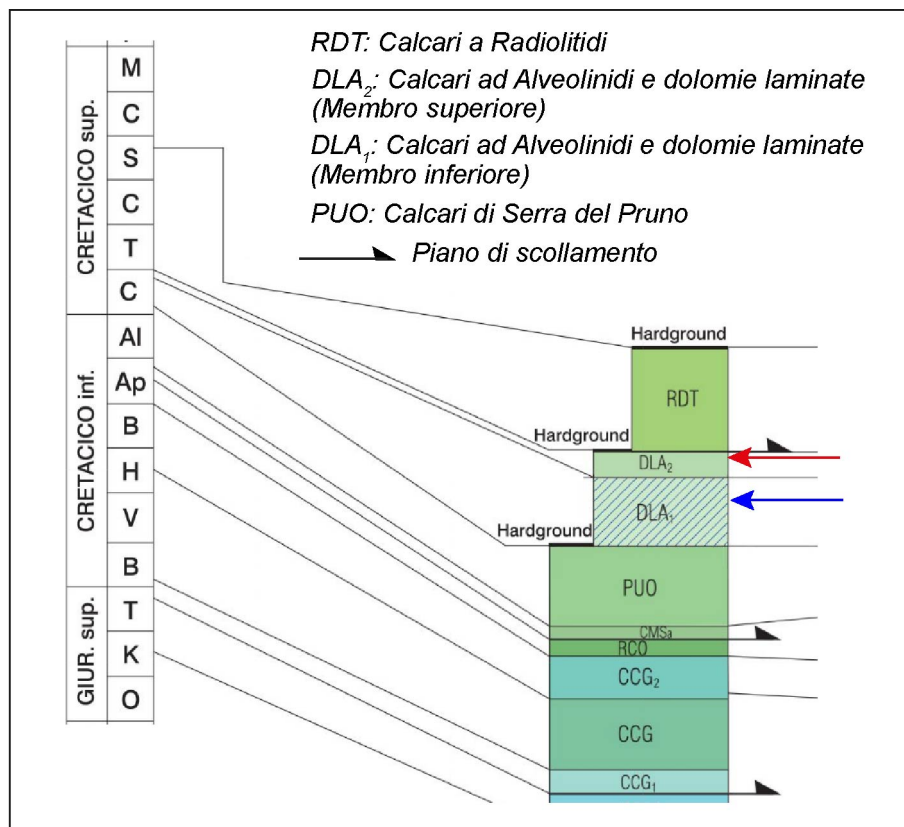


Fig. 3

Posizione del livello a piante nella colonna stratigrafica dei M.ti Aurunci occidentali- M.ti Ausoni risultante dalla cartografia del Foglio geologico 402, "Ceccano" (freccia in rosso). Nella presente Relazione, la posizione stratigrafica di tale livello è stata riconsiderata e modificata (freccia in blu) in base a elementi stratigrafici e di rilevamento geologico originali.

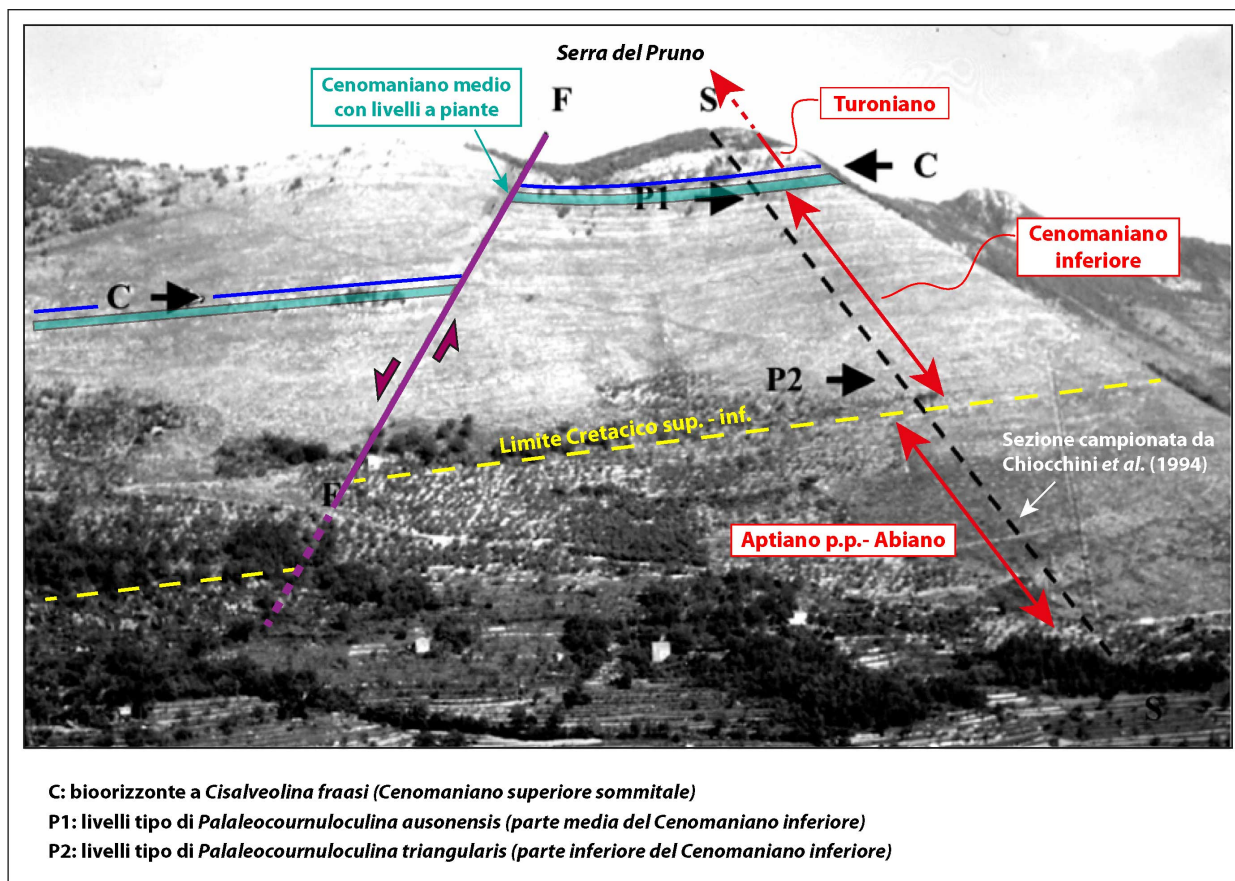


Fig. 4

Sezione di Serra del Pruno (Aptiano p.p.-Turoniano p.p.) vista da Vallecorsa (modificato da Chiocchini et al., 2008) con indicazione dei principali elementi biostratigrafici, stratigrafici e tettonici di interesse. La successione dolomitica contenente le piante fossili di Vallecorsa (Affioramento 1") dovrebbe ricadere tra i bio-orizzonti P1 e C e, quindi, fare parte del Cenomaniano medio (biozona a *Pseudorhapydionina dubia* e *Pseudorhapydionina laurinensis* di Chiocchini et al., 2012), sebbene la cronostratigrafia delle biozone a foraminiferi del Cenomaniano sia ancora da definire con precisione. Ad esempio, il range di *P. dubia* non supera la parte superiore del Cenomaniano medio in Husinec et al. (2000), mentre Chiocchini et al. (2012) considerano la biozona a *P. dubia* e *P. laurinensis* alla base del Cenomaniano superiore. Riteniamo che questo genere di incongruenze potrà essere superato con lo studio chemostratigrafico della successione da campionare sul versante orientale di M. Calvo, corrispondente alla parte superiore di quella di Serra del Pruno.

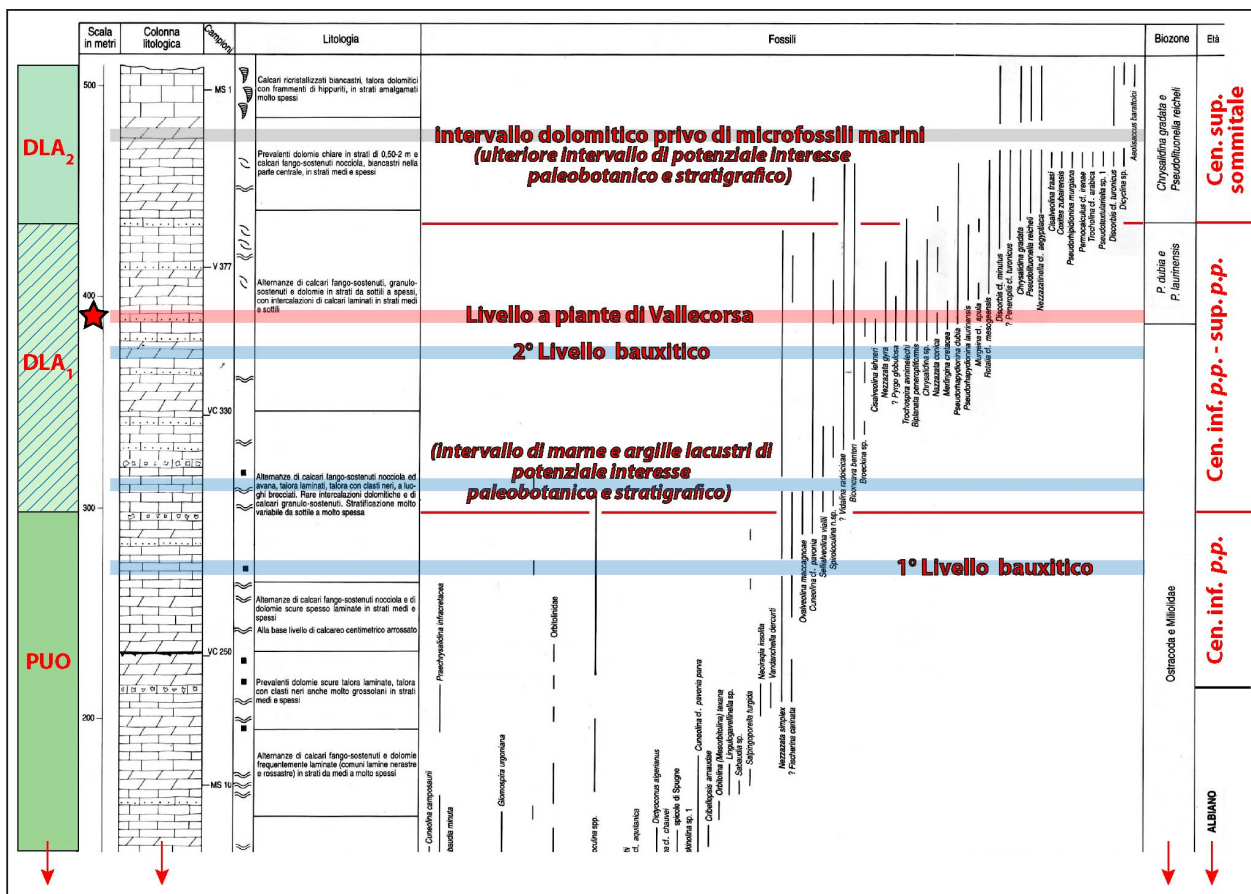


Fig. 5

Stralcio della sezione-tipo di Serra del Pruno (da Chiocchini et al., 1994) modificata e integrata con i dati stratigrafici e biostratigrafici tratti dalle Note Illustrative del Foglio n° 402 "Ceccano" e dalla revisione critica di dati geologici regionali ed originali. Le scritte in rosso segnalano i dati tratti dalle Note Illustrative del Foglio n° 402 "Ceccano", le sigle PUO, DLA₁ e DLA₂ indicano le unità cartografate nel Cretacico medio del Lazio meridionale (PUO: Calcarei di Serra del Pruno; DLA₁ e DLA₂: Calcarei ad Alveolinidi e Dolomie lamine, Membro a *Selliaveolina viali* e Membro a *Cisalveolina fraasi*, rispettivamente).

La stella rossa indica la posizione preliminare assunta per il livello a piante di Valleccorsa secondo le ricostruzioni originali compiute finora. Le bande in azzurro indicano gli eventi di continentalità in contesti climatici umidi, quella in rosso l'evento di continentalità in un contesto climatico arido. La banda in grigio indica un ulteriore, potenziale livello da emersione.

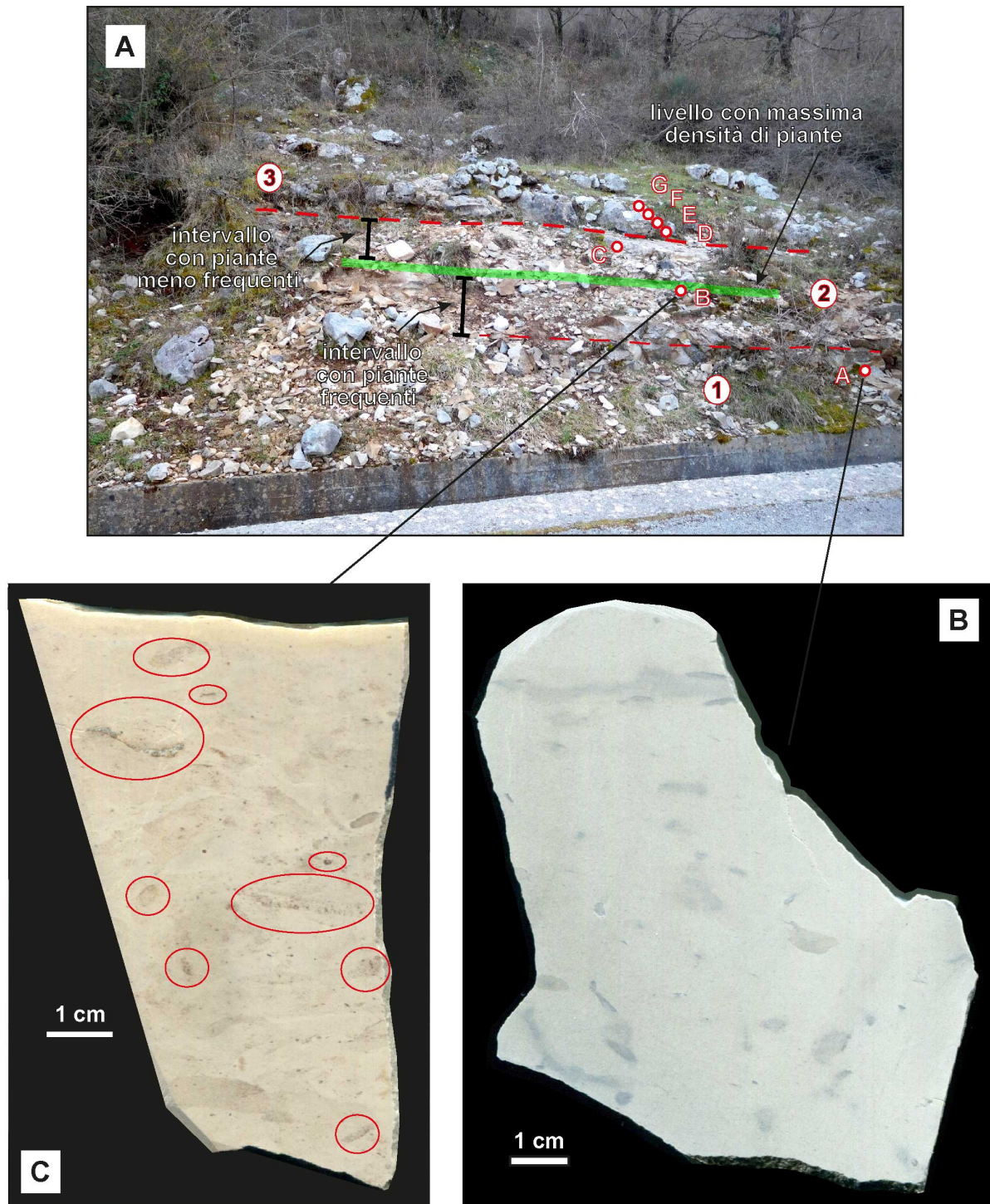


Fig. 6

Litostratigrafia dell’Affioramento “1” a piante con individuazione dei principali intervalli osservati grazie a una distinta successione dei tipi litologici con organizzazione in strati e bancate stratoidi (**Fig. A**).

Lo spessore complessivo dell’intervallo stratigrafico affiorante (Intervalli 1-3) è di poco superiore ai 2.5 m:

Intervallo 1: dolomie microcristalline massive grigiastre e grigio-bluastré, intensamente bioturbate, con diffusa materia organica in forma di frustoli vegetali di dimensioni generalmente sub-millimetriche (non visibili alla scala rappresentata) (**Fig. B**);

Intervallo 2: dolomie microcristalline massive giallastre, intensamente bioturbate, con abbondante materia organica (cerchiata) in forma di: *a*, frustoli vegetali carboniosi (e con differenti gradi di alterazione) di dimensioni anche centimetriche; *b*, globuli a contorno irregolare (**Fig. C**) (vedi anche Figg. 8 e 12);

Intervallo 3: dolomie, calcari dolomitici e dolomie calcaree interstratificati, di colore dal nocciola al giallastro, con gradi variabili di bioturbazione e con scarsa materia organica vegetale (rapidamente decrescente verso l’alto).

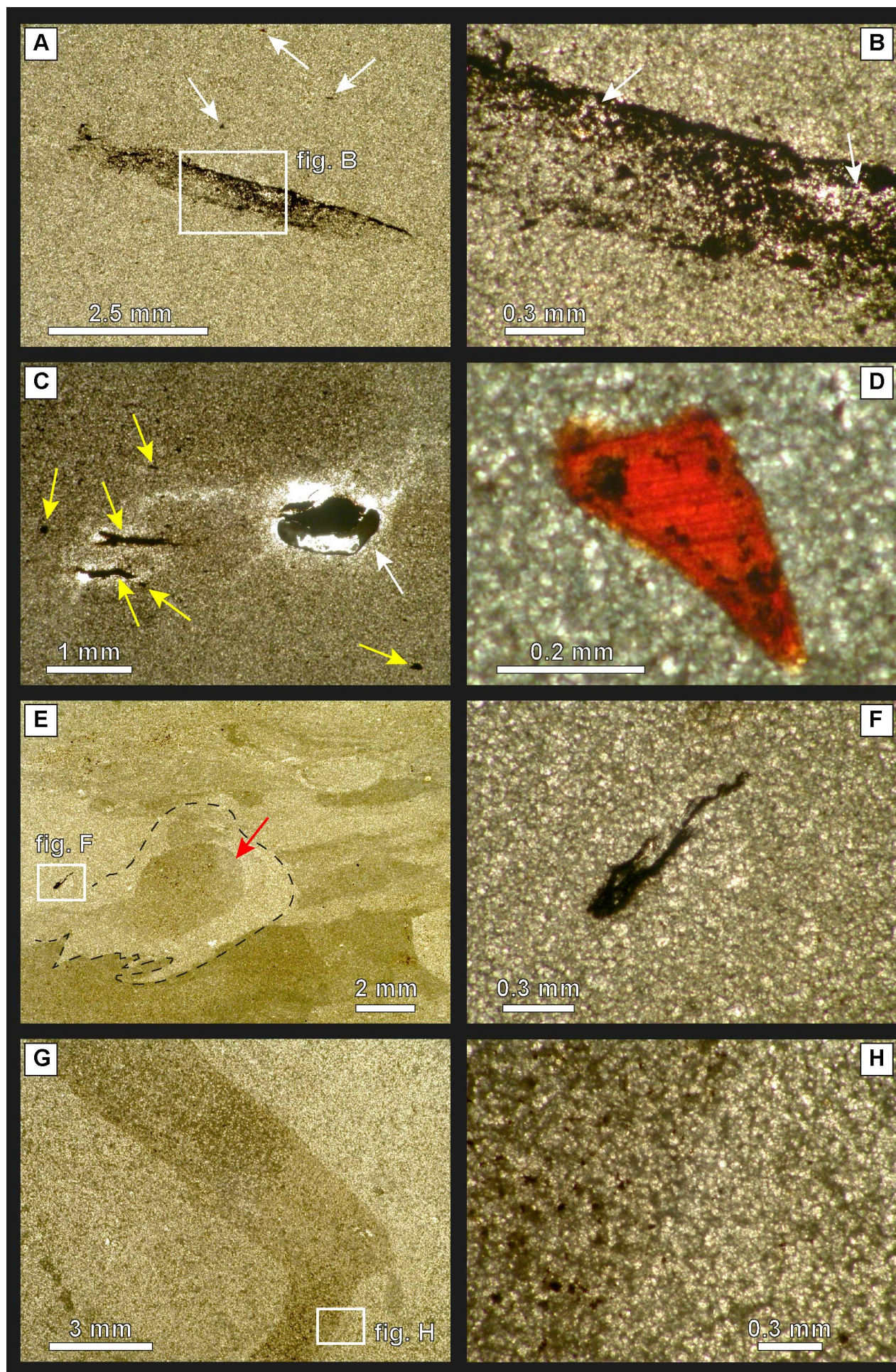


Fig. 7

Microfacies al microscopio stereoscopico binoculare delle dolomie a piante fossili campionate negli Intervalli 1 e 2 dell'Affioramento 1 (Dolomie a piante di Vallecorsa). Figg. A-C: campione A di Fig. 6A; Figg. D-F: campione B di Fig. 6A; Figg. G-H: campione C di Fig. 6A.

A: asse di pianta non identificabile all'interno di un mosaico, molto omogeneo e privo di strutture sedimentarie, di cristalli microdolomitici con numerosi spot di materia organica (freccie).

B: dettaglio della Fig. A che mette in evidenza lo stato di alterazione del resto vegetale e l'abito cristallino dei cristalli della microdolomite con tipico tessitura xeno- e ipidiotopica. La taglia granulometrica dei cristalli formatisi all'interno del resto vegetale carbonioso (freccie) è leggermente maggiore di quella del sedimento circostante.

C: sezione trasversale di asse di pianta non identificabile (freccia bianca) circondato da numerosi frammenti vegetali di varie dimensioni (le frecce gialle segnalano solo quelli di dimensioni maggiori).

D: dettaglio di un frammento di ossicolo pesce costituito da apatite con tracce di alterazione che mascherano parzialmente le linee di crescita. Si osservi la tessitura xeno-e ipidiotopica della microdolomite circostante (con cristalli di dimensione fino a 15-20 μm).

E: originaria laminazione a scala millimetrica di microdolomiti primarie, con variabili percentuali di materia organica, scompaginata da diffuse bioturbazioni sotto forma di tubuli (la freccia indica una sezione trasversale). Il tubulo evidenziato contiene abbondante materia organica ed è circondato da rizocrezioni (manicotto microdolomitico di colore più chiaro, evidenziato da linea a tratteggio).

F: dettaglio della Fig. E con un resto vegetale all'interno della microdolomite a tessitura xeno-e ipidiotopica circostante.

G: sezione longitudinale di un tubulo apparentemente privo di rizocrezioni.

H: dettaglio della Fig. G che mostra il contatto netto tra le microdolomiti ricche di sostanza organica all'interno del tubulo e quelle più trasparenti al suo esterno.



Fig. 8

Dettaglio delle piante fossili nel livello intermedio nell'Intervallo 2. Si noti la sottile stratificazione conferita dalla elevata concentrazione dei resti organici e il loro buon stato di conservazione con evidenti ramificazioni degli assi. Si vedano la Fig. 6C e le Figg. 7D-F per i dettagli delle microfacies corrispondenti a questo livello in uno slab levigato e in sezione sottile, rispettivamente. Il diametro della moneta è di 2.3 cm.

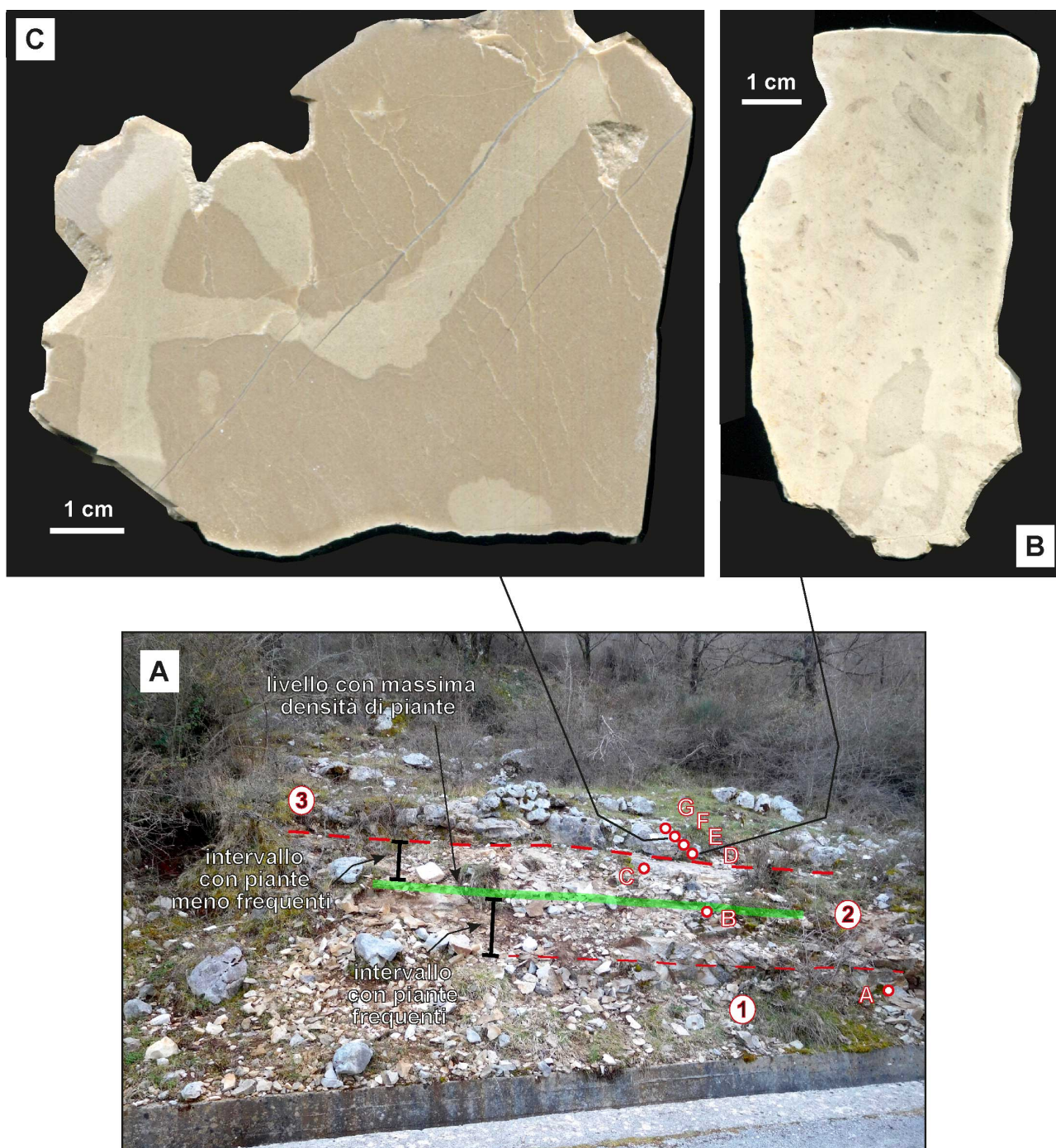


Fig. 9

Litostratigrafia dell’Affioramento “1” a piante con individuazione dei principali intervalli osservati (**Fig. A**). **Intervallo 3**: dolomie, dolomie calcaree e calcari dolomitici microcristallini interstratificati, di colore dal nocciola al giallastro, con gradi variabili di bioturbazione e scarsa materia organica vegetale (rapidamente decrescente verso l’alto). La parte superiore di questo intervallo (campioni F e G) è costituita da calcari dolomitici microfossiliferi a foraminiferi bentonici “nani” in associazioni paucispecifiche (textularidi e bolivinidi).

Fig. B: dolomie giallastre del tutto simili a quelle dell’Intervallo “2”; **Fig. C**: dolomie calcaree microcristalline nocciola, a rari foraminiferi bentonici “nani”, con bioturbazioni decimetriche tuboliformi riempite da dolomie microcristalline giallastre azoiche.

L’Intervallo 3 testimonia la rapida chiusura trasgressiva dell’evento di continentalità registrato dalle dolomie a piante (Intervalli 1 e 2).

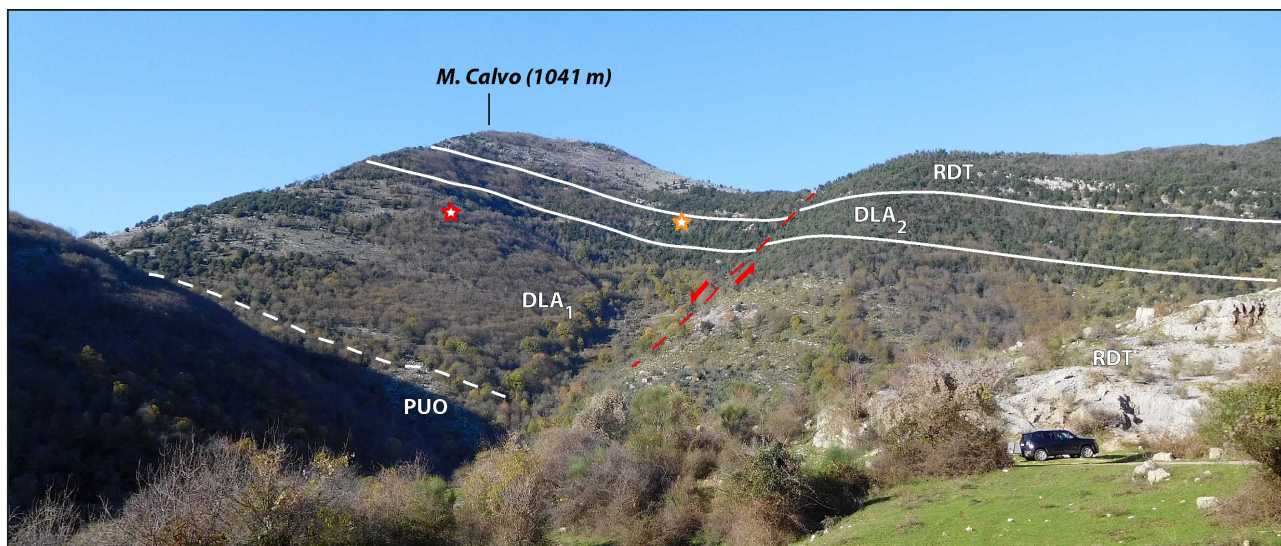


Fig. 10

Panorama geologico del versante orientale di M. Calvo con la localizzazione effettiva del nuovo affioramento a piante rilevato nella parte alta dell'unità DLA₁ (Affioramento 2, stella rossa; vedi Fig. 11), correlato all'Affioramento 1, e la proiezione dell'Affioramento 1 secondo le informazioni litostratigrafiche riportate nella cartografia del Foglio n° 402 "Ceccano" (stella arancione, parte sommitale dell'unità DLA₁). La sezione stratigrafica esposta lungo la strada sterrata sul versante orientale di M. Calvo sarà oggetto della campionatura di dettaglio per la derivazione lito-bio-chemostratigrafica e paleontologica dell'età e del significato paleoclimatico e paleoambientale del livello a piante di Vallecorsa. La deformazione tettonica nella valle a Nord di M. Calvo (verso destra in figura) è stata semplificata.

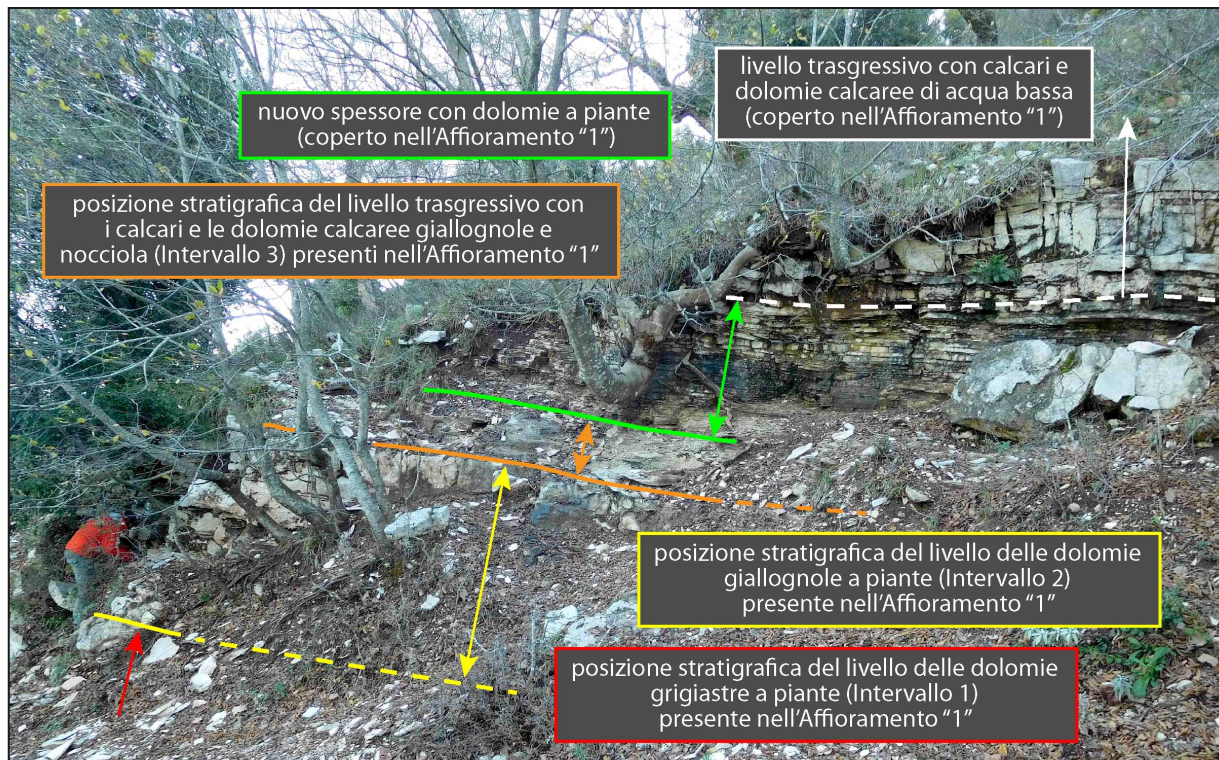


Fig. 11

Analisi litologica semplificata dell'Affioramento 2 (versante orientale di M. Calvo; vedi Figg. 2, 10 per la localizzazione) e correlazione stratigrafica con gli Intervalli 1-3 riconosciuti anche nell'Affioramento 1. Le migliori condizioni di esposizione e, soprattutto, la significativa continuità stratigrafica della successione sotto- e soprastante l'Affioramento 2, rendono la sezione esposta sul versante orientale di M. Calvo particolarmente utile per la ricostruzione paleoecologica, paleoclimatica e paleoambientale del livello a piante fossili di Vallecorsa.



Fig. 12

Esemplari di *Geinitzia* sp. provenienti dal livello stratigrafico del campione "B" in Fig. 6A (Dolomie giallastre dell'Intervallo 2, "Affioramento 1")

