

# La riscoperta di Monte Pulgnasco: nuova collocazione cronostratigrafica e geografica di *Protororqualus cuvieri* (Cetacea: Mysticeti, Balaenopteridae)

ALESSANDRO FRESCHI

SIMONE CAU

Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli Studi di Parma - Via G.P. Usberti 157/A - 43100, Parma (I)

E-mail: [alessandro.freschi1@studenti.unipr.it](mailto:alessandro.freschi1@studenti.unipr.it) - [simone.cau@nemo.unipr.it](mailto:simone.cau@nemo.unipr.it)

## RIASSUNTO

Monte Pulgnasco (Lugagnano Val d'Arda, Piacenza) è conosciuto come la località tipo di *Protororqualus cuvieri* (Mysticeti, Balaenopteridae) scoperto nel 1806 da Giuseppe Cortesi. L'ubicazione geografica di questa località è stata per decenni del tutto sconosciuta. Ciò ha impedito di datare con precisione questa specie di balenotteride pliocenico.

Lo scopo di questo studio è ricollocare geograficamente il sito e proporre un nuovo e più preciso inquadramento cronostratigrafico di *Protororqualus*.

La riscoperta della *Carta orografica e idrografica dei Ducati di Parma, Piacenza e Guastalla*, in cui compare chiaramente il toponimo, ha permesso di ricollocare, identificare, descrivere e campionare la sezione di Monte Pulgnasco per effettuare lo studio biostratigrafico. La datazione è stata migliorata attraverso correlazione litostratigrafica con altre sezioni affioranti nell'area e precedentemente studiate. La presenza del biomarker *Discoaster tamalis* colloca la sezione nella biozona 16a MNN. L'analisi litostratigrafica ha permesso di datare *Protororqualus* a ~ 3.1 - 3 Ma (Piacenziano).

Parole chiave: Balaenopteridae, Cetacea, Mysticeti, Pliocene, *Protororqualus*, Monte Pulgnasco, Bacino Plio-Pleistocenico di Castell'Arquato.

## ABSTRACT

**Rediscovering Monte Pulgnasco: new chronostratigraphic and geographical location of *Protororqualus cuvieri* (Cetacea: Mysticeti, Balaenopteridae).**

Monte Pulgnasco site (Lugagnano Val d'Arda, Piacenza - Italy) is known as the type locality for *Protororqualus cuvieri* (Mysticeti, Balaenopteridae) discovered in 1806 by Giuseppe Cortesi.

The geographical location of the site was completely unknown for decades and for this reason accurate dating of this pliocenic balaenopteridae species was not possible.

The aim of the present study is to geographically relocate the site and suggest a new and more precise chronostratigraphic position for *Protororqualus*.

The rediscovery of the *Carta orografica e idrografica dei Ducati di Parma, Piacenza e Guastalla*, in which the toponym of Mt. Pulgnasco clearly appears, allowed to identify, relocate, describe and sample Pulgnasco section and then starting with biostratigraphic analyses. The dating was improved on the basis of the lithostratigraphic correlation with other emerging sections found in the same area and previously studied. The presence of *Discoaster tamalis* locate the section in the 16a MNN biozone. The lithostratigraphic analysis allowed to date *Protororqualus* fossils to 3.1 - 3. Ma (Piacenzian).

Key words: Balaenopteridae, Cetacea, Mysticeti, Pliocene, *Protororqualus*, Monte Pulgnasco, Castell'Arquato Plio-Pleistocene Basin.

## INTRODUZIONE

Le successioni plioceniche affioranti nel margine appenninico emiliano hanno restituito un gran numero di resti scheletrici di cetacei fossili (misticeti e odontoceti) (PILLERI, 1987; BIANUCCI, 1996, 1997a, 2014; BIANUCCI *et al.*, 2009; BISCONTI, 2003, 2009).

Lo studio tassonomico di queste faune è stato affrontato a più riprese, mentre la conoscenza della loro distribuzione temporale è pressoché marginale, non essendo mai stata affrontata analizzando nell'insieme l'intera associazione faunistica dei bacini pliocenici emiliani e, più in generale, del Mediterraneo.

L'attribuzione cronostratigrafica di dettaglio dei numerosi reperti di cetacei pliocenici mediterranei si pone come problema paleontologico tuttora aperto (FRESCHI, 2015).

Alcuni dei reperti del margine appenninico emiliano (n=23) (CIGALA-FULGOSI, 1980; PILLERI, 1987; FRESCHI, 2014) provengono dalle unità del Bacino Plio-Pleistocenico di Castell'Arquato (*Castell'Arquato Plio-Pleistocene Basin*, CAB; in provincia di Piacenza) (ROVERI *et al.*, 1998; MONEGATTI *et al.*, 2001).

Tra i cetacei fossili provenienti dal CAB uno dei primi ad essere stato scoperto è l'olotipo di *Protororqualus cuvieri* (Bisconti, 2007a) (Fig. 1), rinvenuto da Giuseppe Cortesi nel 1806. Dalle descrizioni di CORTESI (1819) lo scheletro proviene da un oriz-

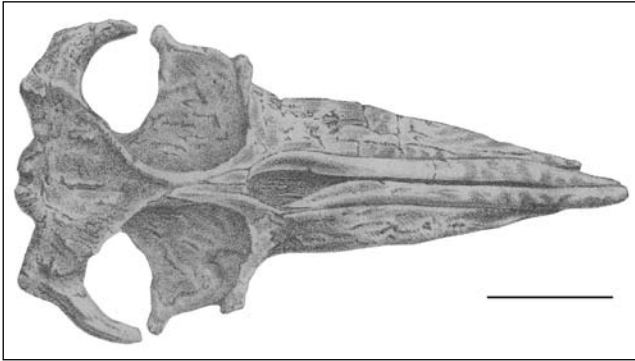


Fig. 1. Cranio di *Protororqualus cuvieri* (da: STROBEL, 1881). La barra nera corrisponde a 20 cm.

zonte pelitico del versante orientale di Monte Pulgnasco presso Prato Ottesola a ovest del Rio Stramonte e a est di “Burrone Gallo” (oggi noto come “Buca della Balena”). Lo scheletro fossile era costituito da cranio, mandibola destra e varie parti post-craniali (arto anteriore destro e vertebre toraciche, lombari e caudali) in perfetto stato di conservazione (CORTESI, 1819). Associati allo scheletro, Cortesi annota che erano presenti ben 18 denti di squalo oltre a numerosi individui di *Ostrea* (CORTESI, 1819; STROBEL, 1875; BISCONTI, 2007a; DANISE & DOMINICI, 2014). Questa annotazione fa dello scheletro di Monte Pulgnasco una delle prime testimonianze paleontologiche di *scavenging* e di *whale-fall* (DOMINICI *et al.*, 2009; BIANUCCI *et al.*, 2000). Oltre allo scheletro di *Protororqualus*, Cortesi scopre nella parte sommitale del monte anche alcuni resti di *Mammuthus meridionalis* e Rhinocerotidae (CORTESI, 1819; CIGALA-FULGOSI, 1980; FRANCOU, 1994).

Alle descrizioni di Cortesi si aggiungono i dati litostratigrafici riportati da CUVIER (1822) (Fig. 2), in cui sono raffigurati e descritti la successione stratigrafica e la collocazione all'interno della sezione di *Protororqualus* e degli altri reperti (FRANCOU, 1994). Nonostante gli studi di Cortesi e Cuvier l'ubicazione precisa di Monte Pulgnasco rimane ancora non chiarita.

L'olotipo originale di *Protororqualus* è stato distrutto durante il secondo conflitto mondiale a seguito del bombardamento del “Museo Civico di Storia Naturale di Milano” in cui era conservato (BISCONTI, 2007a).

Tuttavia, esistono numerosi studi dettagliati (CUVIER, 1823; BRANDT, 1873; VAN BENEDEN, 1875; STROBEL, 1875; 1881; ZEIGLER *et al.*, 1997; DEMÉRÉT *et al.*, 2005; BISCONTI, 2007a) e un moderno plastotipo conservato presso il “Museo Geologico Giuseppe Cortesi” di Castell'Arquato (Piacenza) (BISCONTI & FRANCOU, 2014).

La recente revisione tassonomica proposta da BISCONTI (2007a) ha invalidato le precedenti formule tassonomiche attribuite a questo reperto (i.e.: *Cetotherium* e *Plesiocetus*) (BRANDT 1873; VAN BENEDEN, 1875; VAN BENEDEN & GERVAIS, 1868-1880; STROBEL, 1881) istituendo un nuovo genere, sulle base delle descrizioni anatomiche e dei disegni pubblicati nell'800. Dalle analisi comparative e filogenetiche risulta una nuova specie di balenotteride e, insieme a *Archaeobalaenoptera castriarquati*, si pone alla base della radiazione evolutiva dei Balaenopteridae con caratteristiche intermedie tra questa famiglia e i Cetotheriidae (s.s. e s.l.) (BISCONTI, 2007a; 2007b; 2010).

*Protororqualus* rappresenta parte della diversità di misticeti presente nel Mediterraneo durante il Pliocene con 10 generi identificati ai quali si aggiungono i numerosi reperti in via di revisione (BISCONTI, 2009; BIANUCCI, 2014; BIANUCCI *et al.*, 2009).

BISCONTI (2007a) affronta, in parte, anche la datazione del reperto. Facendo riferimento alle descrizioni di CORTESI (1819) e alle unità litostratigrafiche affioranti in questa area *Protororqualus* viene genericamente datato al Piacenziano (3.60 - 2.58 Ma). Tuttavia, nell'area affiorano sia unità zancleane (~ 4 Ma) sia gelasiane (2.5 - 2.1 Ma) (ROVERI *et al.*, 1998; MONEGATTI *et al.*, 2001) e questo può aumentare l'errore di datazione essendo incerta la collocazione geografica di Monte Pulgnasco. Aumentando le informazioni geografiche in merito a questo sito paleontologico e considerando l'attuale livello di comprensione cronostatigrafica del Bacino Plio-Pleistocenico di Castell'Arquato, è possibile migliorare la datazione di *Protororqualus*.

Questo studio si propone di ricollocare geograficamente e cronostatigraficamente Monte Pulgnasco e proporre una datazione precisa di *Protororqualus* e degli altri vertebrati fossili scoperti in questo luogo.

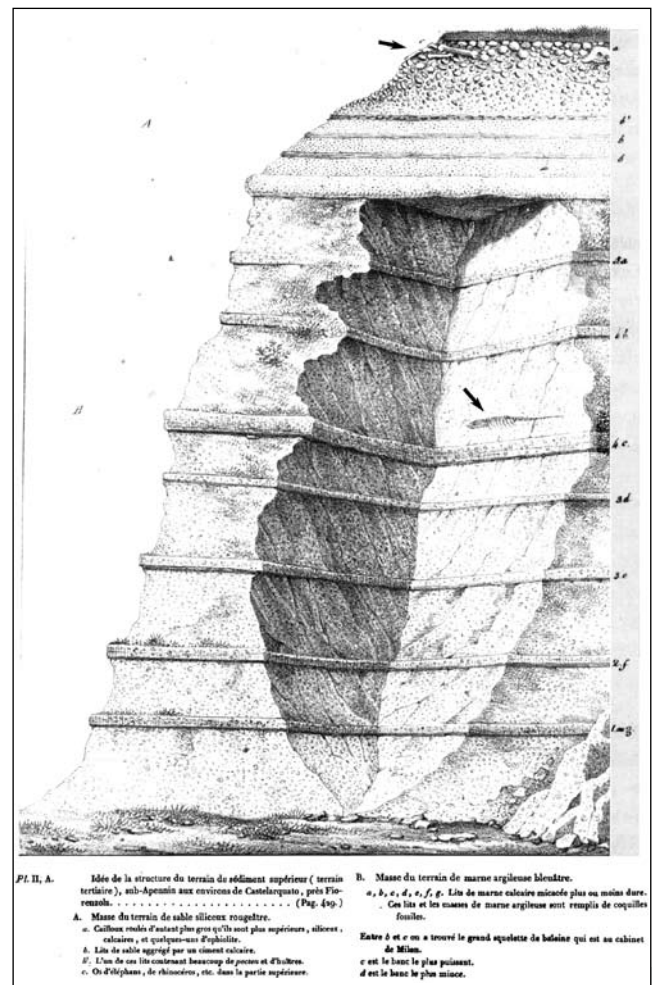


Fig. 2. Successione stratigrafica dei “terrazzi terziari sub-Appennini affioranti nei dintorni di Castell'Arquato” pubblicata da Cuvier (1822). Le frecce indicano la collocazione di *Protororqualus* e di altri fossili di vertebrati terrestri nella sezione.

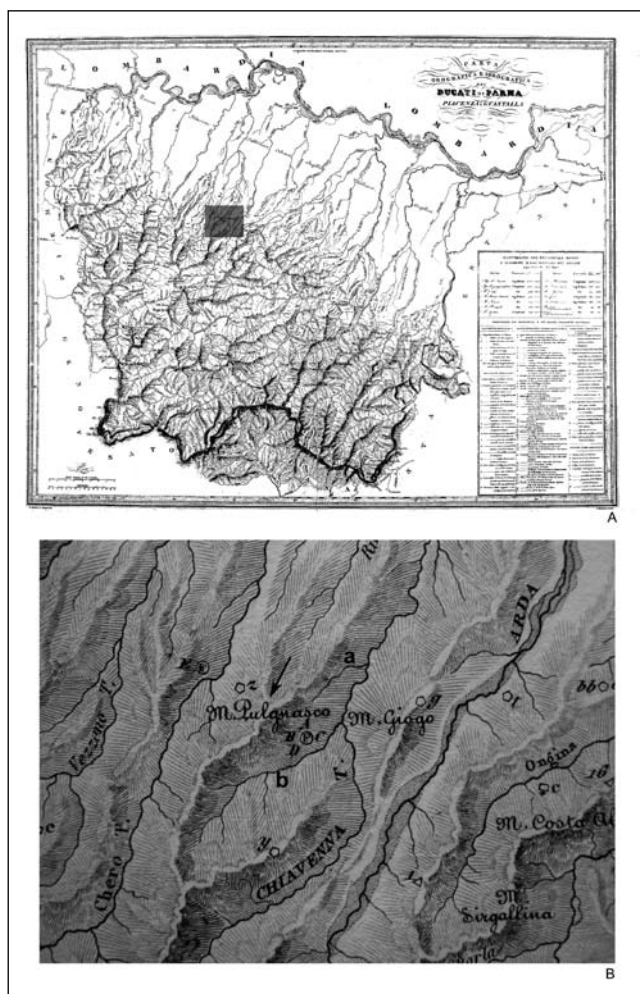


Fig. 3. A) Carta orografica e idrografica dei Ducati di Parma, Piacenza e Guastalla. Il box indica la posizione di Monte Pulgnasco; B) Stralcio della carta, in corrispondenza del sito di Monte Pulgnasco (a, Rio Stramonte; b, Rio Ottesola).

## MATERIALI E METODI

### Collocazione geografica di *Protororqualus cuvieri*

La ricollocazione di Monte Pulgnasco è stata resa possibile attraverso la riscoperta di una carta geografica edita nella prima metà dell'800 (Fig. 3). La copia utilizzata è attualmente conservata presso il "Fondo Antico" della "Biblioteca Civica Passerini-Landi" di Piacenza. La mappa porta la dicitura di "Carta orografica e idrografica dei Ducati di Parma, Piacenza e Guastalla". Nella mappa sono riportati numerosi riferimenti geografici ed in particolare i luoghi in cui sono presenti risorse geominerarie (cave e miniere) oltre all'idrografia e l'orografia dei Ducati. Considerando le numerose informazioni presenti in questa mappa può essere utilizzata per altri tipi di ricerche e studi.

Tra i vari toponimi è presente anche Monte Pulgnasco. Al toponimo sono associati alcuni simboli che indicano il luogo come punto di scoperta di fossili di vertebrati ("balene", "delfini", "elefanti", "rinoceronti"). La ricollocazione geografica e l'identificazione della sezione di Monte Pulgnasco è stata effettuata tramite la sovrapposizione dei dati geografici ricavati dall'in-

terpretazione della "Carta orografica e idrografica dei Ducati di Parma, Piacenza e Guastalla" con la topografia reale. La sezione pubblicata da CUVIER (1822) è stata ridisegnata mantenendo gli spessori e i rapporti stratigrafici ed utilizzata per la ricollocazione stratigrafica del fossile di *Protororqualus*.

### Analisi stratigrafiche

Successivamente all'identificazione dell'affioramento, la sezione è stata misurata, descritta e campionata (15 campioni di sedimento). I campioni sono stati preparati per l'analisi quantitativa e qualitativa del contenuto macro, micropaleontologico e dei nannofossili calcarei.

Le analisi biostratigrafiche utili all'inquadramento cronostatigrafico della sezioni sono state condotte attraverso l'identificazione di *biomarkers* a nannofossili calcarei. I campioni sono stati preparati tramite il metodo dello "smear slide": prelevata una piccola quantità di sedimenti (< 1 g) essa, tramite una goccia d'acqua demineralizzata, viene disciolta e la soluzione viene posta su un vetrino.

Utilizzando un microscopio ottico, il conteggio dei *biomarkers* è stato eseguito su 450 punti di osservazione per vetrino che corrispondono a 0,565 cm<sup>2</sup>.

Per stimare l'abbondanza relativa di ogni specie per campione, le forme *target* identificate sono state stimate in funzione del numero totale di punti di osservazione in relazione alla superficie osservata (*biomarkers* spp = (N° individui sp. / 0,565 cm<sup>2</sup>); questo valore è poi stato normalizzato per consentire un confronto tra i risultati. Lo schema biostratigrafico utilizzato per il Pliocene del Mediterraneo è quello definito in RIO *et al.* (1990).

I campioni sono stati preparati anche per l'analisi qualitativa dei macrofossili ad invertebrati bentonici e dei foraminiferi. I volumi dei campioni di roccia studiati sono stati di circa 1 litro ciascuno per i macrofossili e di circa 100 gr per l'analisi micropaleontologica. La preparazione dei campioni è avvenuta attraverso lo scioglimento dei campioni di roccia in perossido di idrogeno diluito a diverse percentuali comprese tra il 5% e il 10%. Il residuo è stato poi passato in setacci a maglie di 0,8 mm per i macrofossili e 125 micron per i microfossili.

La risoluzione dell'analisi cronostatigrafica è stata completata tramite correlazione litostratigrafica con i cicli litologici della sezione di riferimento di Lugagnano presente in Val d'Arda (RIO *et al.*, 1988; MONEGATTI *et al.*, 2001; ROVERI & TAVIANI, 2003; CAU, 2015).

## RISULTATI E DISCUSSIONE

Attraverso la comparazione della "Carta orografica e idrografica dei Ducati di Parma, Piacenza e Guastalla" con l'attuale topografia, il toponimo di Monte Pulgnasco risulta compatibile con un promontorio (417,3 m) della Val Ottesola compreso nel crinale che corre lungo i colli de La Torrazza/Buca della Balena e di quelli a ovest del Rio Stramonte (44°50'13.9" N; 9°47'05.4" E) (Fig. 4). Attualmente è presente un calanco in coincidenza di questo rilievo in cui affiorano quattro livelli biocalcarenitici intercalati a peliti-sabbiose (Fig. 5). La successione si mostra omogenea con un lieve incremento della granulometria nel passaggio tra peliti arenacee e livelli bioarenitici. Sulla sommi-





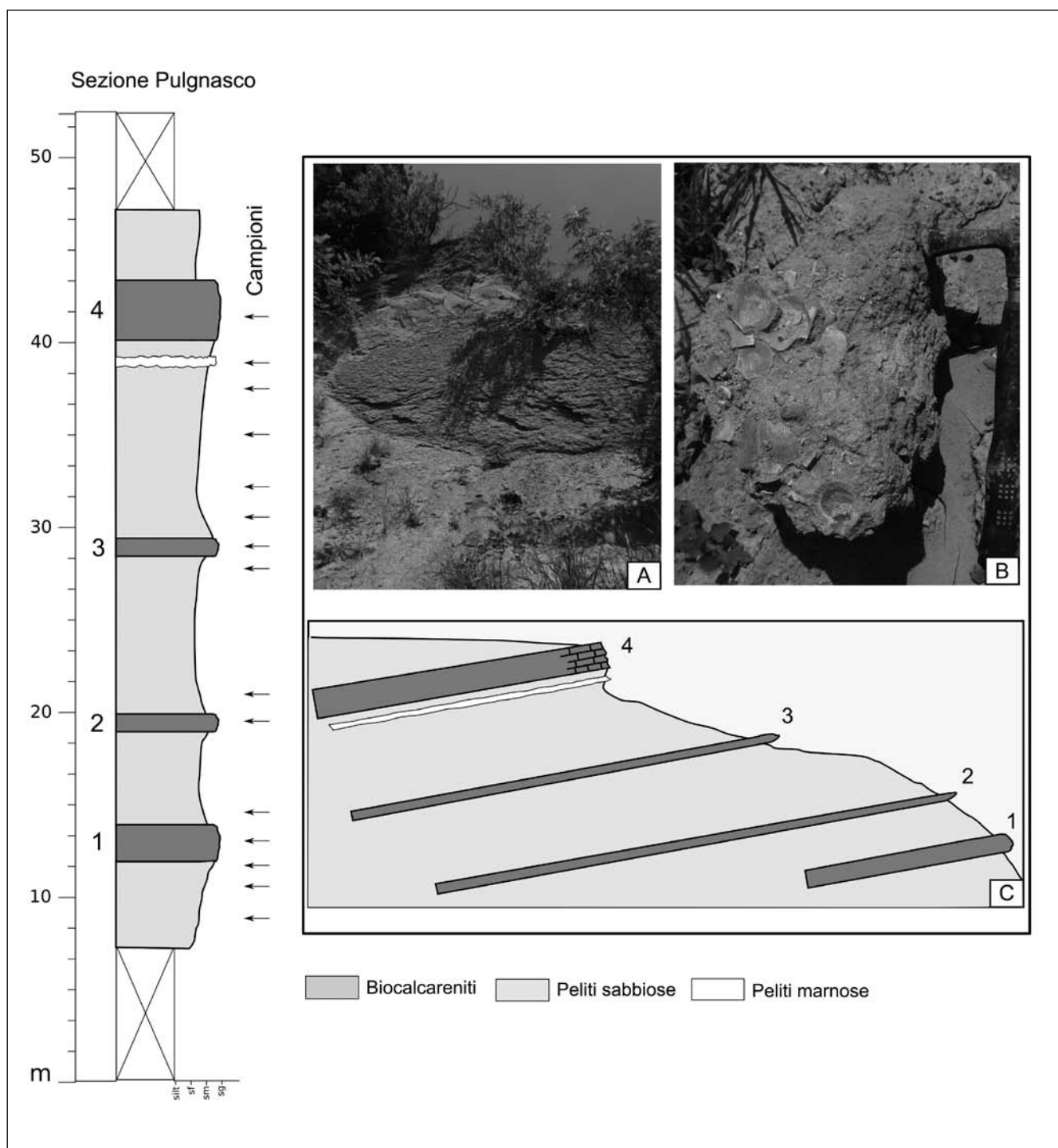


Fig. 5. Sezione Pulgnasco. A, peliti sabbiose e livello biocalcarenitico in affioramento; B, frammento di biocalcarenitico raccolto nella sezione con valve disarticolate di *Pecten* ed *Aequipecten*; C, profilo stratigrafico della sezione dove sono evidenziati i livelli biocalcarenitici.

tipologie litologiche presenti nella sezione. In generale le informazioni paleobatimetriche qualitative riconosciute suggeriscono di inquadrare i paleoambienti studiati al circalitorale in contesto di piattaforma interna (*off-shore*).

I livelli pelitici mostrano fossili in buono o mediocre stato di conservazione e sono scarsi i segni di dissoluzione delle conchiglie. Alcuni campioni presentano abbondante detrito organico vegetale e frammenti dell'esoscheletro di echinidi. Le associa-

zioni se oligotipiche sono dominate da *Corbula gibba*, sospensivoro infaunale che diviene quasi esclusivo in fondali asfittici o instabili (SCARPONI *et al.*, 2014), oppure da *Ditrupa arietina*, serpulide detritivoro che può divenire esclusivo all'interno di biocenosi in ambienti stressati da elevato *input* terrigeno (COSENTINO & GIACOBBE, 2006). Altre specie frequenti nei diversi campioni pelitici sono *Venus nux*, *Saccella commutata* ed *Euspira* sp. Le comunità dei livelli pelitici anche se mostrano minime

differenze tra i campioni, sono in generale analoghe a quelle già descritte nelle equivalenti litologie del CAB (MONEGATTI & RAINERI, 1987; MONEGATTI *et al.*, 2001; CAU, 2015).

I livelli bioclastici mostrano associazioni macrofaunistiche più ricche e complesse di quelle rinvenute nei livelli pelitici. Questi accumuli conchigliari di spessore metrico sono formati da conchiglie spesso fortemente abrase o bioerose. Nelle biocenosi non si registrano forme dominanti, le specie rinvenute sono soprattutto psammofile come *Timoclea ovata* e si riconoscono molluschi legati ad ambienti infralitorali come *Spisula subtruncata* e *Glycimeris nummaria*. Significativa la presenza in buono stato di conservazione delle conchiglie di *Tellina donacina* e *T. pulchella*. La rara presenza di *Bittium reticulatum* suggerisce la presenza di substrati vegetati.

In generale i livelli bioclastici mostrano biocenosi con caratteristiche tassonomiche e tafonomiche analoghe a quelle rinvenute nelle corrispettive litologie del CAB (Sezione Lugagnano e di

Buca della Balena)(CAU, 2015). Da queste evidenze consideriamo le condizioni paleoambientali dei depositi bioclastici studiati, equivalenti a quelli dei corpi detritici presenti nelle Sezioni di Buca della Balena, Stramonte e Lugagnano collocati lateralmente all'interno del CAB.

### Correlazioni biostratigrafiche e ciclostratigrafiche

Attraverso l'analisi quantitativa dei campioni sono stati identificati quattro biomarker del genere *Discoaster* (*Discoaster brouweri*, *D. pentaradiatus*, *D. altus* e *D. tamalis*) (Fig. 6). Non si osservano scomparse significative (*Lost Occurrence*). La presenza di *D. tamalis* dalla base al tetto dell'affioramento colloca la sezione nella biozona 16a MNN (RIO *et al.*, 1990).

Confrontando la litostratigrafia della sezione Pulgnasco è possibile correlare i primi 3 cicli bioarenitici di spessore minore con gli ultimi cicli biocalcarenitici al di sotto della Calcarenite di Monte Giogo presenti nella Sezione di Lugagnano (MONEGATTI *et al.*, 2001; CAU, 2015) (Fig. 7). L'ultimo corpo bioclastico affiorante al tetto della sezione viene correlato alla Calcarenite di Monte Giogo (ROVERI & TAVIANI, 2003; CAU, 2015).

Il disegno di CUVIER (1822) rappresenta abbastanza fedelmente la litostratigrafia e i rapporti stratigrafici esistenti in quel versante della Val Ottesola. Oltre ad essere chiari e ben evidenti i livelli calcarenitici (distinguibili in minori e maggiori) la parte alta è costituita da facies litorali e continentali riconducibili all'Unità di Badagnano e del Sintema del Torrente Stirone (2.5 - 2.1 Ma, Gelasiano *p.p.*) che attualmente dominano e affiorano nelle parti sommitali del crinale del Rio Stramonte e Rio Carbonari (ROVERI *et al.*, 1998; MONEGATTI *et al.*, 2001) (Fig. 4). Dal confronto della tavola di CUVIER (1822) con la sezione Pulgnasco è plausibile che lo scheletro di *Protororqualus cuvieri* sia collocabile appena sopra l'ultimo corpo biocalcarenitico della sezione Pulgnasco (livello 4) (Fig. 8).

Da queste evidenze è presumibile che la sezione campionata sia compresa tra ~ 3.32 - 3.00 Ma (Piacenziano). Di conseguenza al reperto *Protororqualus* è attribuibile un'età di ~ 3.1 - 3.00 Ma e riferito alla litozona KER2. I vertebrati terrestri scoperti nella parte alta della sezione sono invece databili al Gelasiano *p.p.* (2.5 - 2.1 Ma).

### Considerazioni preliminari sull'inquadramento biostratigrafico e sulla filogenesi del reperto

Spostandosi lateralmente verso nord-est è presente la sezione di Rio Stramonte, affiorante a poche centinaia di metri dal calanco di Monte Pulgnasco. Alla base della successione è presente un corpo biocalcarenitico che correliamo in continuità laterale con l'ultimo deposito bioclastico della Sezione Pulgnasco (Fig. 4). La successione di Rio Stramonte, assieme ad altri riferimenti cronostatigrafici, viene datata ad un intervallo temporale compreso tra ~ 3.1 e ~ 2.7 Ma (MONEGATTI & RAINERI, 1987; FRESCHI, 2015). Dalle peliti di questa sezione provengono due scheletri di *Hemisyntrachelus cortesii* (Delphinidae) (DEL PRATO, 1897; CIGALA-FULGOSI, 1990; BIANUCCI, 1996; 1997b) e uno di *Balaena paronai* (Balaenidae, gen. et sp. indet. in BISCANTI, 2003) (DEL PRATO, 1900; BISCANTI, 2003).

Seppure si tratti di risultati parziali, la distribuzione concomitante di questi reperti mostra come a ~ 3 Ma, all'interno del Bacino di Castell'Arquato, si possa riconoscere una abbondanza

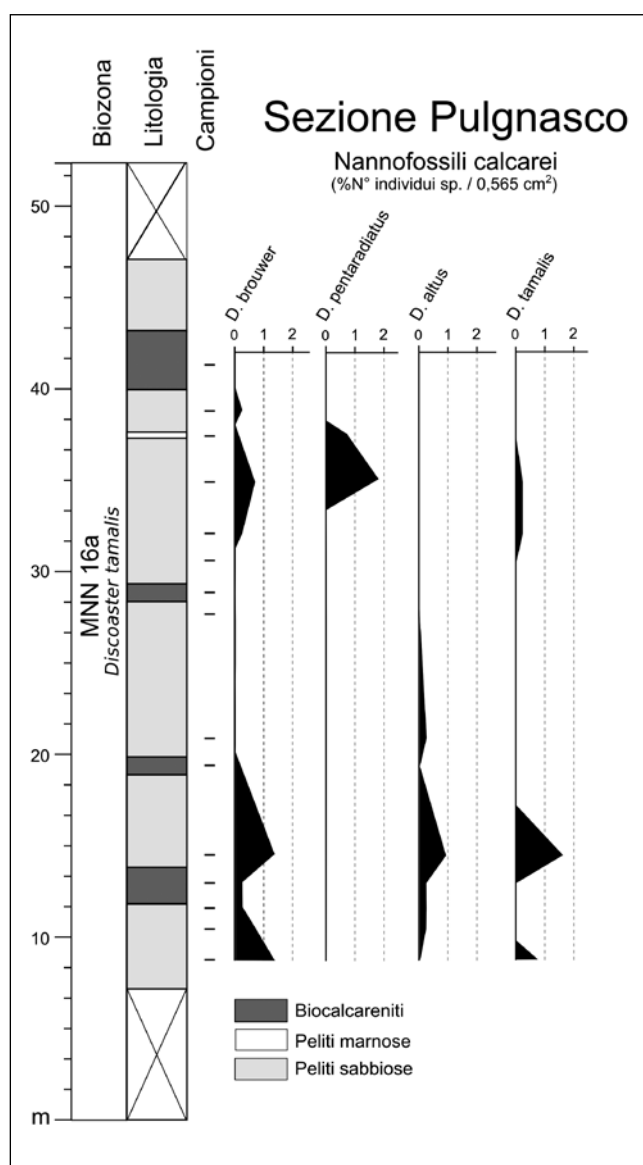


Fig. 6. Distribuzione delle abbondanze biostratigrafiche dei nanofossili calcarei nella sezione campionata.



relativa di cetacei fossili. Queste evidenze sono state parzialmente già ampliate da FRESCHI (2015) attraverso un primo lavoro di stratigrafica integrata su altri reperti provenienti dal CAB.

*Protororqualus cuvieri* presenta molti caratteri plesiomorfi e risulta filogeneticamente meno derivato di alcune specie di proto-balaenopteridae mioceniche come ad esempio *Plesiobalaenoptera quarantellii* (Tortoniano) e *Parabalaenoptera baulinensis* (Messiniano) (ZEIGLER *et al.*, 1997; DEMÉRÉT *et al.*, 2005; BISCONTI, 2007a,b; 2009; 2010).

La diacronia tra morfologia e tempo è stata osservata anche in altri reperti del CAB come *Archaeobalaenoptera castriarquatii* e *Cetotherium capellinii* (numero inventario: MPP - 51, Museo Paleontologico Parmense), entrambi databili al Piacenziano. (CIGALA-FULGOSI, 1980; PILLERI, 1987; MARSILI, 2003; DEMÉRÉT *et al.*, 2005; BISCONTI, 2007a,b; 2009; FRESCHI, 2014; 2015).

La presenza di queste forme primitive di balenotteridi nel Mediterraneo durante il Pliocene è in netto contrasto con la loro datazione relativamente recente. BISCONTI (2007a) suggerisce che il Mediterraneo svolse un ruolo chiave nel preservare le forme più antiche di balenotteridi mentre le forme più avanzate evolvevano e vivevano in altri bacini. Tuttavia è da chiarire in che modo il Mediterraneo svolse questo ruolo dal punto di vista paleoecologico e paleoclimatico (BIANUCCI *et al.*, 1998; BIANUCCI, 2013; BOESSENECKER, 2013; FRESCHI, 2015) anche in relazione alla fase di raffreddamento globale iniziata nel Pliocene terminale a partire da 3 Ma (LOURENS *et al.*, 2004; RAYMO *et al.*, 2011), evento climatico che ebbe un ruolo chiave nell'estinzione di altri taxa marini del Mediterraneo pliocenico (Sprovieri, 1986; LANDINI & MENESINI, 1988; MONEGATTI & RAFFI, 1993; MONEGATTI *et al.*, 2001; SGARRELLA *et al.*, 2012; SORBI *et al.*, 2012).

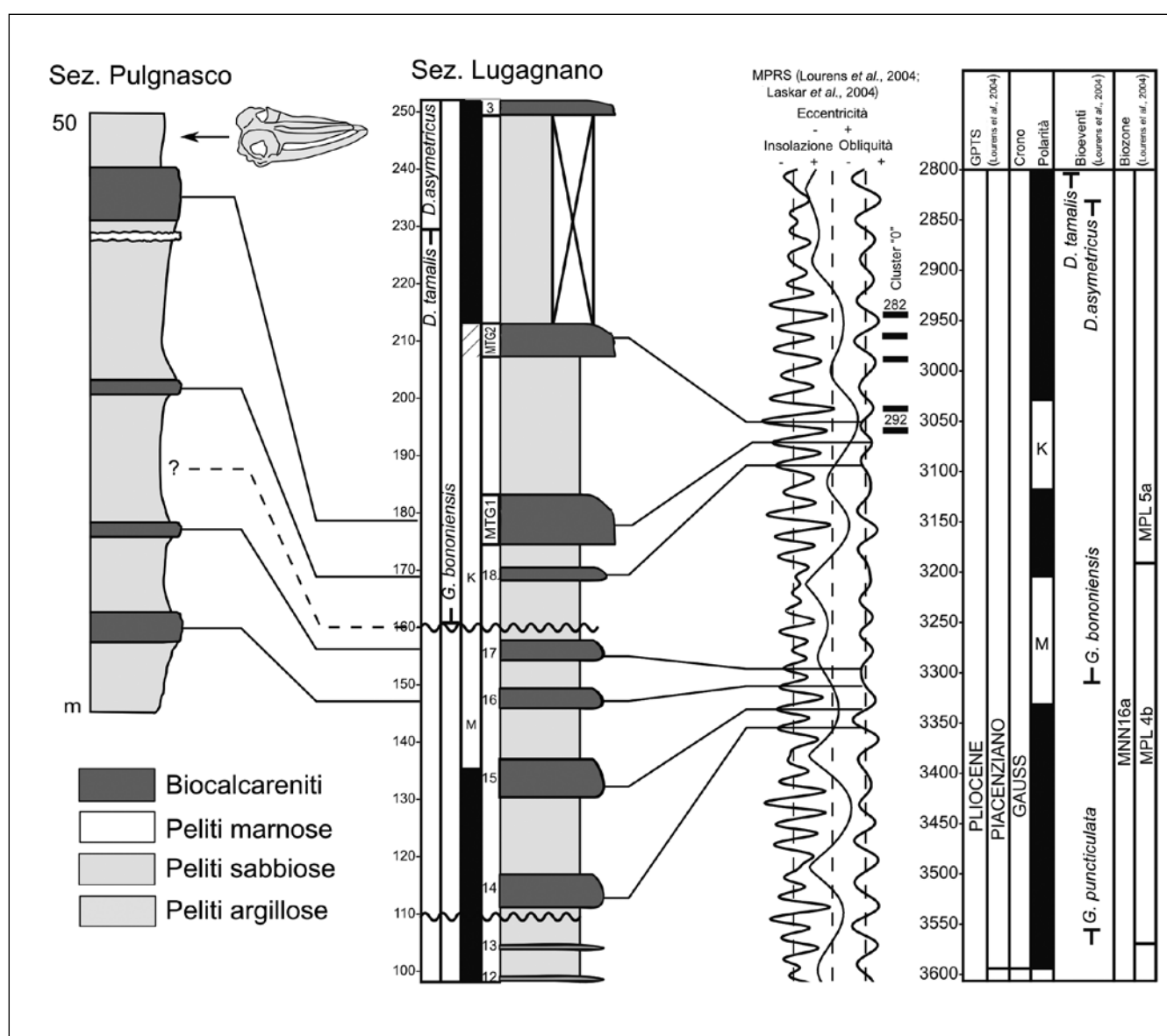


Fig. 7. Correlazione stratigrafica della Sezione Pulgnasco con la Sezione Lugagnano (Monte Giogo; CAU, 2015) in cui si suggerisce un rapporto tra la formazione delle biocalcareni e delle sapropeliti del cluster "0" (LOURENS *et al.*, 2004, e relativa bibliografia) in funzione di forzanti climatici secondo i cicli di Milanković (ROVERI & TAVIANI, 2003).

Per la posizione stratigrafica del reperto si veda la Fig. 8.

## CONCLUSIONI

La ricollocazione temporale dei numerosi reperti fossili di cetacei scoperti in epoche storiche nel bacino Mediterraneo è possibile solo attraverso l'incrocio di differenti fonti. Con questo metodo è stato datato *Protororqualus* (3.1 - 3.0 Ma, Piacenzia-

no) e la sezione di Monte Pulgnasco (3.3 - 3.0 Ma, Piacenzia-

no) di cui è proposta una possibile collocazione geografica. L'integrazione del dataset della distribuzione stratigrafica dei cetacei pliocenici provenienti dal Bacino di Castell'Arquato e di altri bacini sedimentari mediterranei potrebbe permettere di identificare periodi di significativa abbondanza di cetacei fossi-

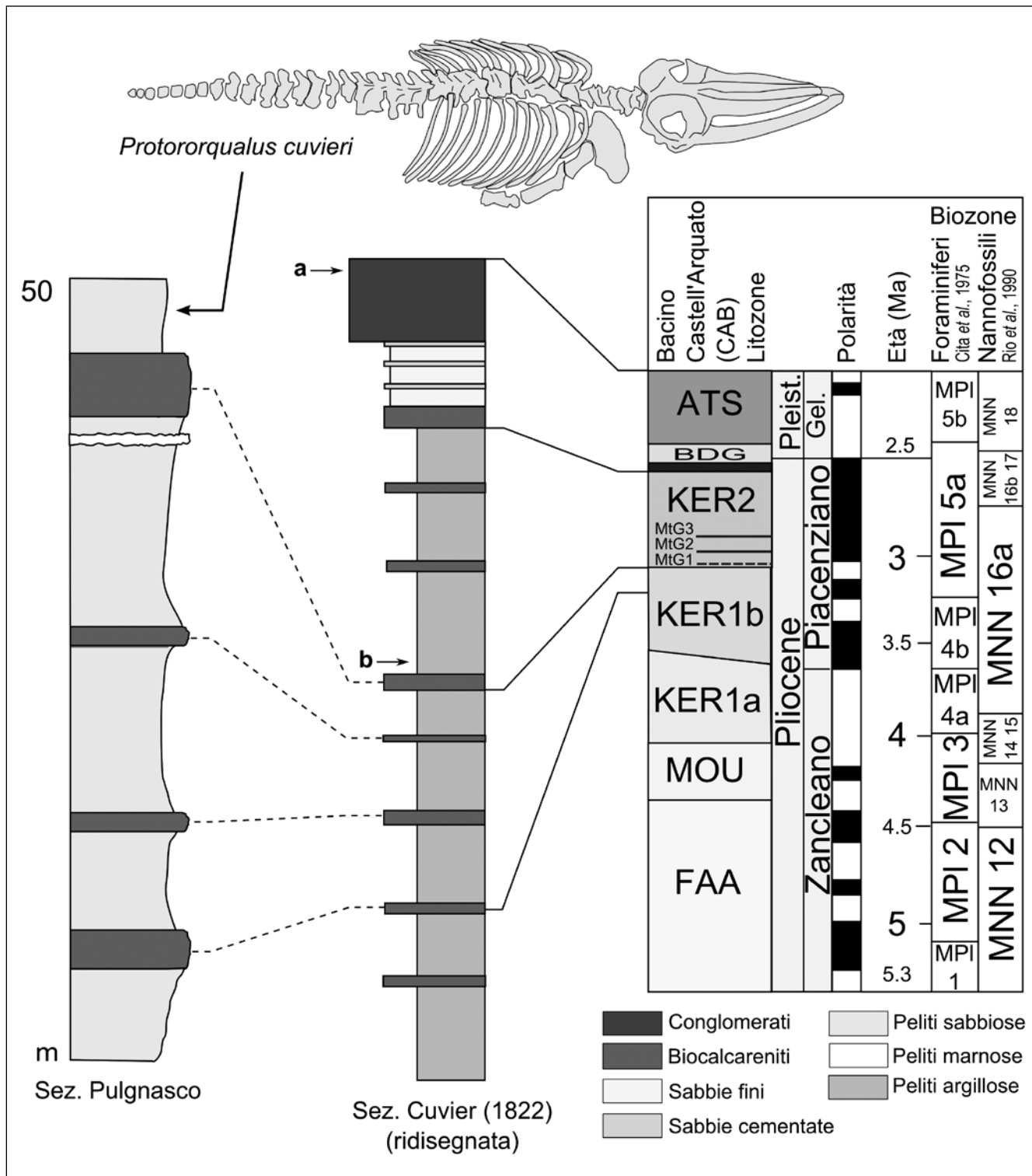


Fig. 8. Confronto stratigrafico tra la Sezione Pulgnasco e la Sezione CUVIER (1822)(a, collocazione dei fossili di vertebrati terrestri; b, collocazione di *P. cuvieri*). La sezione è stata ridisegnata partendo dalla tavola originale mantenendo i rapporti e gli spessori litostratigrafici. Lo scheletro di *Protororqualus* è ridisegnato da CORTESI (1819).



li, calibrare le fasi che hanno portato alla messa in posto dell'attuale fauna mediterranea e comprendere meglio la radiazione e la diversificazione di molte linee di cetacei attuali, come in particolare quelle dei delfinidi e dei balenotteridi.

## RINGRAZIAMENTI

Questo articolo è parte della tesi di laurea magistrale svolta presso il Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra dell'Università di Parma. Si ringraziano i curatori del Fondo Antico Biblioteca Comunale Passerini-Landi (Piacenza) Massimo Baucia e Pietro Poggi per la disponibilità e avere reso possibile l'accesso alla mappa.

Marco Roveri (Dip. di Fisica e Scienze della Terra, Università di Parma) e Giovanni Bianucci (Dip. Scienze della Terra, Università di Pisa) per le modifiche apportate al testo e i consueti consigli. Giuliana Villa (Dip. di Fisica e Scienze della Terra, Università di Parma) per l'aiuto svolto durante le analisi micropaleontologiche. Giovanna Gianelli (Laboratorio di Micropaleontologia, Università di Parma) per l'aiuto durante la preparazione dei campioni. Carlo Francou (Museo geologico "G. Cortesi" di Castell'Arquato, Museo Civico di Storia Naturale di Piacenza) per le utili discussioni.

## BIBLIOGRAFIA

- BIANUCCI G., 1996 - The Odontoceti (Mammalia, Cetacea) from Italian Pliocene. Systematics and phylogenesis of Delphinidae. *Palaeontographia Italica*, 83: 73-197.
- BIANUCCI G., 1997a - The Odontoceti (Mammalia, Cetacea) from Italian Pliocene. The Ziphiidae. *Palaeontographica Italica*, 84: 163-192.
- BIANUCCI G., 1997b - A new find of *Hemisyntrachelus* (Cetacea, Delphinidae) from Piacenza sediments of Rio Stramonte (Northern Apennines, Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 103: 259-262.
- BIANUCCI G., 2013 - *Septidelphis morii*, n. gen. et sp., from the Pliocene of Italy: new evidence of the explosive radiation of true dolphins (Odontoceti, Delphinidae). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 33(3): 722-740.
- BIANUCCI G., 2014 - I cetacei fossili nei musei italiani - Fossil cetaceans in Italian museums. *Museologia Scientifica*, Memorie 13: 7-17.
- BIANUCCI G., SARTI G., CATANZARITI R., SANTINI U., 1998 - Middle Pliocene cetaceans from Monte Voltraio (Tuscany, Italy). Biostratigraphical, paleoecological and paleoclimatic observations. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 104(1): 123-130.
- BIANUCCI G., BISCONTI M., LANDINI W., STORAI T., ZUFFA M., GIULIANI S., MOJETTA A., 2000 - Trophic interaction between white shark, *Carcharodon carcharias*, and cetaceans: a comparison between Pliocene and recent data from central Mediterranean Sea. In: *Proceedings of the 4th Meeting of the European Elasmobranch Association*, (Livorno): 27-30.
- BIANUCCI G., SORBI S., VAIANI S. C., LANDINI W., 2009 - Pliocene marine mammals from Italy: a systematic and stratigraphic overview. In: *Bologna, International Conference on Vertebrate Palaeobiogeography* (Bologna): 28-29.
- BISCONTI M., 2003 - Evolutionary history of Balaenidae. *Cranium*, 20 (1): 9-50.
- BISCONTI M., 2007a - Taxonomic revision and phylogenetic relationships of the rorqual-like mysticete from the Pliocene of Mount Pulgnasco, northern Italy (Mammalia, Cetacea, Mysticeti). *Palaeontographia Italica*, 90: 85-108.
- BISCONTI M., 2007b - A new basal balaenopterid whale from the Pliocene of northern Italy. *Palaeontology*, 50: 1103-1122.
- BISCONTI M., 2009 - Taxonomy and evolution of the Italian Pliocene Mysticeti (Mammalia: Cetacea): a state of the art. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 48(2): 147-156.
- BISCONTI M., 2010 - A new balaenopterid whale from the late Miocene of the Stirone River, northern Italy (Mammalia, Cetacea, Mysticeti). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 30(3): 943-958.
- BISCONTI M., FRANCOU C., 2014 - I cetacei fossili conservati presso il Museo Geologico di Castell'Arquato (Piacenza). *Museologia Scientifica*, Memorie 13: 31-36.
- BOESSENECKER R. W., 2013 - A new marine vertebrate assemblage from the Late Neogene Purisima Formation in Central California, part II: Pinnipeds and Cetaceans. *Geodiversitas*, 35(4): 815-940.
- BRANDT J. F., 1873 - Untersuchungen über die fossilen und subfossilen cetaceen Europa's. *Mémoires de L'Académie Impériale des Sciences de SaintPetersbourg*, Series 7, 20(1):1-372.
- CAU S., 2015 - Aspetti ecologici, bio-sedimentologici e tafonomici dei corpi biocalcarenitici del Plio-Pleistocene italiano. Tesi di dottorato inedita. Università di Parma. 119 pp.
- CIGALA-FULGOSI F., 1980 - I vertebrati del Parmense Piacentino conservati nel museo Paleontologico Parmense. Ateneo Parmense, *Acta Naturalia*, 16: 103-115.
- CIGALA-FULGOSI F., 1990 - Predation (or possible scavenging) by a great white shark on an extinct species of bottlenose dolphin in the Italian Pliocene. *Tertiary Research*, 12(1): 17-36.
- CITA M. B., 1975 - Planktonic foraminiferal biozonation of the Mediterranean Pliocene deep sea record. A revision. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 81(4), 527-544.
- CORTESI G., 1819 - *Saggi geologici degli stati di Parma e Piacenza*. Maiano, Piacenza, 165 pp.
- COSENTINO A., GIACOBBE S., 2006 - A case study of mollusc and polychaete soft-bottom assemblages submitted to sedimentary instability in the Mediterranean Sea. *Marine Ecology*, 27(2), 170-183.
- CUVIER G., 1822 - *Recherches sur les ossements fossiles, ou l'on rétablit les caractères de plusieurs espèces d'animaux dont les révolutions du globe ont détruit les espèces. Tome second*. Dufour G. et D'Ocagne E. libraires, Paris, 405 pp.
- CUVIER G., 1823 - *Des baleines fossiles*. In: Cuvier G. (ed.), *Recherches sur les ossements fossiles, où l'on rétablit les caractères de plusieurs animaux dont les révolutions du globe ont détruit les espèces*. Dufour et D'Ocagne, Paris, 396 pp.
- DANISE S., DOMINICI S., 2014 - A record of fossil shallow-water whale falls from Italy. *Lethaia*, 47(2): 229-243.
- DEMÉRÉT A., BERTA A., MCGOWEN R., 2005 - The taxonomic and evolutionary history of fossil and modern balaenopteroid mysticetes. *Journal of Mammalian Evolution*, 12: 99-143.
- DOMINICI S., CIOPPI E., DANISE S., BETOCCHI U., GALLAI G., TANGOCCHI F., VALLERI G. & MONECHI S., 2009 - Mediterranean fossil whale falls and the adaptation of mollusks to extreme habitats. *Geology*, 37(9): 815-818.
- DEL PRATO A., 1897 - Il Tursiops Capellini Sacco del Pliocene Piacentino. *Palaeontographia Italica*, 3: 1-14.
- DEL PRATO A., 1900 - Balena fossile del Piacentino. *Rivista Italiana di Paleontologia*, 4: 136-142.
- FRANCOU C., 1994 - *Nelle terre del Piacenziano*. Fondazione Cassa di Risparmio di Piacenza e Vigevano, Piacenza, 126 pp.
- FRESCHI A., 2014 - I cetacei pliocenici del Museo Paleontologico Parmense. *Museologia Scientifica*, Memorie 13: 37-45.
- FRESCHI A., 2015 - Inquadramento cronobiostratigrafico dei cetacei fossili del bacino Plio-pleistocenico di Castell'Arquato (Piacenza) e Emilia occidentale. Università di Parma. Tesi di laurea inedita. 64 pp.
- LANDINI W., MENESINI E., 1988 - The *Bregmaceros* (Teleost fish) extinction in the Mediterranean. *Basin. Mod. Geol.*, 13: 149-158.

- LASKAR J., ROBUTEL P., JOUTEL F., GASTINEAU M., CORREIA A. C. M., LEVRARD B., 2004 - A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth. *Astronomy & Astrophysics*, 428(1), 261-285.
- LOURENS L. J., HILGEN F. J., LASKAR J., SHACKLETON N. J., WILSON D., 2004 - The Neogene Period. In: F. Gradstein J. Ogg, A. Smith (Eds.), *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, pp. 409-440.
- MARSILI S., 2003 - *Cetotherium cuvierii*: revisione sistematica e analisi filogenetica. Università di Pisa. Tesi di laurea inedita. 220 pp.
- MONEGATTI P. & RAFFI S., 2001 - Taxonomic diversity and stratigraphic distribution of Mediterranean Pliocene bivalves. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 165: 171-193.
- MONEGATTI P., RAINERI G. 1987 - Osservazioni paleoecologiche sulla sezione pliocenica di Rio Stramonte (Piacenza). *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 20, 287-308.
- MONEGATTI P., RAFFI S., ROVERI M., TAVIANI M., 2001 - One day trip in the outcrops of Castell'Arquato Plio-Pleistocene Basin: from the Badland of Monte Giogo to the Stirone River. In: *Paleobiogeography & Paleocology, Excursion Guidebook*. Piacenza, Castell'Arquato (Italy), May 31-June 2. Università di Parma, Parma, 1-25 pp.
- PILLERI G. 1987 - *The Cetacea of the Italian Pliocene: With a Descriptive Catalogue of the Specimens in the Florence Museum of Paleontology*. Berne, Brain Anatomy Institute. 160 pp.
- RAFFI S., MONEGATTI P. 1993 - Bivalve taxonomic diversity throughout the Italian Pliocene as a tool for climatic-oceanographic and stratigraphic inference. *Ciencias da terra (unl)*, 12: 45-50.
- RAYMO M.E., MITROVICA J. X., O'LEARY M. J., DECONTO R. M., HEARTY P. J. 2011 - Departures from eustasy in Pliocene sea-level records. *Nature Geoscience*, 4(5): 328-332.
- RIO D., SPROVIERI R., RAFFI I., VALLERI G., 1988 - Biostratigrafia e paleoecologia della sezione stratotipica del Piacenziano. *Bollettino Società Paleontologica Italiana*, 27 (2): 213-238.
- RIO D., RAFFI I., VILLA G., 1990 - Pliocene-pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the western mediterranean. In: *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*: 513-533.
- ROVERI M., VISENTIN, C., ARGNANI, A., KNEZAUREK, G., LOTTARO-LI, F., ROSSI, M., TAVIANI, M., TRINCARDI, F. VIGLIOTTI, L., 1998 - The Castell'Arquato Basin: high-resolution sequence stratigraphy and stratal patterns of an uplifting margin in the Apennines foothills (Italy). *Giornale di Geologia*, 60: 323-325.
- ROVERI M., TAVIANI M., 2003 - Calcareenite and sapropel deposition in the Mediterranean Pliocene: shallow-and deep-water record of astronomically driven climatic events. *Terra Nova*, 15(4): 279-286.
- SCARPONI D., HUNTLEY J. W., CAPRARO L., RAFFI S., 2014 - Stratigraphic paleoecology of the Valle di Manche section (Crotone Basin, Italy): A candidate GSSP of the Middle Pleistocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 402: 30-43.
- SGARRELLA, F., DI DONATO, V., SPROVIERI, R., 2012 - Benthic foraminiferal assemblage turnover during intensification of the Northern Hemisphere glaciation in the Piacenzian Punta Piccola section (Southern Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 333: 59-74.
- SPROVIERI R., 1986 - Paleotemperature changes and speciation among benthic foraminifera in the Mediterranean Pliocene. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 24 (1): 13-21.
- SORBI, S., DOMNING, D. P., VAIANI, S. C., BIANUCCI, G., 2012 - *Metaxytherium subapenninum* (Bruno, 1839) (Mammalia, Dugongidae), the latest sirenian of the Mediterranean Basin. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32(3): 686-707.
- STROBEL P., 1875 - Notizie preliminari su le balenoptere fossili subapennine del Museo Parmense. *Bollettino del Regio Comitato Geologico*, 5-6: 3-12.
- STROBEL P., 1881 - *Iconografia comparata delle ossa fossili del gabinetto di storia naturale dell'Università di Parma - Fascicolo I - Balenopteridae (Cetoterio e Megattera?)*. L. Battei, Parma, 32 pp., 5 tavv.
- VAN BENEDEN P.-J., 1875 - Le squelette de la Baleine fossile du Musée de Milan. *Bulletins de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, 2(40): 736-758.
- VAN BENEDEN P.-J., GERVAIS P., 1868 - 1880 - *Ostéographie des Cétacés*. Atlas. Arthus Bertrand, Paris, 634 pp.
- ZEIGLER C. V., CHAN G. L., BARNES L. G., 1997 - New Late Miocene balaenopterid whale (Cetacea: Mysticeti), *Parabalaenoptera baulinensis* (new genus and species) from the Santa Cruz Mudstone, Point Reyes Peninsula, California. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 50: 115.138.