I S P R A
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA
Organo Cartografico dello Stato (legge n° 68 del 2.2.1960)

NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA alla scala 1:50.000

foglio 402
CECCANO

a cura di
E. Centamore[1], F. Dramis[2]

con contributi di:
Geologia del substrato: **P. Di Manna[3], F. Fumanti[3], S. Milli[1] e D. Rossi[1]**
Geologia del quaternario: **F. Dramis[2] e M. R. Palombo[1]**
Depositi vulcanici: **D. M. Palladino[1], R. Trigila[1] e V. Zanon[5]**
Biostratigrafia: **M. Chiocchini[4], P. Didaskalou[4] e M. Potetti[4]**
Aspetti applicativi: **S. Nisio[3]**

(1) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma "La Sapienza";
(2) Dipartimento di Scienze Geologiche, Università Roma Tre;
(3) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia - Roma;
(4) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Camerino;
(5) Libero professionista.

Ente realizzatore: **Regione Lazio**
Assessorato Utilizzo, Tutela e
Valorizzazione delle Ris. Ambientali

PROGETTO CARG

Direttore del Servizio Geologico d'Italia - ISPRA:
C. Campobasso

Responsabile del Progetto CARG per il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA:
F. Galluzzo

Responsabile del Progetto CARG per Regione Lazio:
F. Nolasco (1992-2005) **- A. Sansoni** (2006-2008) **- G. Tanzi** (dal 2009)

Responsabile per l'Università: **E. Centamore**

PER IL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA - ISPRA:

Revisione scientifica:
F. Capotorti, D. Delogu, C. Muraro
R. Bonomo, V. Ricci, L. Vita (vulcanico)

Coordinamento cartografico:
D. Tacchia (coord.)**, F. Pilato**

Revisione informatizzata dei dati geologici:
L. Battaglini, V. Campo, A. Fiorentino (ASC)

Coordinamento editoriale e allestimento per la stampa:
D. Tacchia (coord.)**, F. Pilato**

PER LA REGIONE LAZIO:

Coordinamento editoriale ed allestimento cartografico:
E. Centamore, P. Di Manna, F. Dramis, D. Rossi

Informatizzazione e allestimento cartografico per la stampa dalla Banca Dati a cura:
D. Rossi, Università di Roma "La Sapienza",
Litografia Artistica Cartografica s.r.l. - Firenze

Gestione tecnico-amministrativa del Progetto CARG:
M. T. Lettieri (Servizio Geologico d'Italia - ISPRA)
A. Sericola, R. Tascioni (Regione Lazio)

Si ringraziano i componenti dei Comitati Geologici per il loro contributo scientifico

Stampa: **LITOGRAFIA ARTISTICA CARTOGRAFICA S.R.L. -**

PROGETTO CARG

INDICE

I. - **INTRODUZIONE** ..... Pag. 7

II. - **CENNI STORICI** ..... » 11

III. - **INQUADRAMENTO GEOLOGICO** ..... » 17

IV. - **CENNI DI GEOMORFOLOGIA** ..... » 21

V. - **CENNI SUGLI SCHEMI BIOSTRATIGRAFICI E CRONOSTRATIGRAFICI ADOTTATI** ..... » 27

1. - IL MESOZOICO ..... » 27
2. - IL CENOZOICO ..... » 29

VI. - **STRATIGRAFIA DEL SUBSTRATO** ..... » 37

1. - DEPOSITI PRE-OROGENICI ..... » 38
1.1. - Successione mesozoica di piattaforma carbonatica interna ..... » 38
1.1.1. - *Calcari a Palaeodasycladus (***CPL***)* ..... » 38
1.1.2. - *Unità oolitica (***UOO***)* ..... » 40
1.1.3. - *Unità calcareo-dolomitica (***UCD***)* ..... » 41
1.1.4. - *Calcari con Cladocoropsis e Clypeina (***CCM***)* ..... » 43
1.1.5. - *Calcari ciclotemici a Gasteropodi (***CCG***)* ..... » 46
1.1.6. - *Calcari a Requienie, Caprotine e Ostreidi (***RCO***)* ..... » 49
1.1.7. - *Calcari e marne a Salpingoporella dinarica e Charophitae (***CMS***)* ..... » 50
1.1.8. - *Calcari a Rudiste ed Orbitoline (***RDO***)* ..... » 52
1.1.9. - *Calcari di Serra del Pruno (***PUO***)* ..... » 52
1.1.10. - *Calcari ad Alveolinidi e dolomie laminate (***DLA***)* ..... » 55
1.1.11. - *Calcari a Radiolitidi (***RDT***)* ..... » 58
1.2. - Successione cenozoica di rampa carbonatica -piattaforma aperta ..... » 61
1.2.1. - *Calcari a Briozoi e Litotamni (***CBZ***)* ..... » 61
1.3. - Depositi di rampa - bacino miocenici ..... » 63
1.3.1. - *Unità argilloso-marnosa (***UAM***)* ..... » 63
2. - DEPOSITI SINOROGENICI MIOCENICI ..... » 65
2.1. - Depositi silicoclastici dell'unita' simbruino ernica ..... » 65
2.1.1 - *Formazione di Frosinone* (**FFS**) ..... » 65
3. - COMPLESSO DI FALVATERRA ..... » 67
3.1. - Premessa - il Complesso di Falvaterra (**VRT**) ..... » 67
3.2. - Considerazioni sul complesso di Falvaterra ..... » 70

PROGETTO CARG

4. - DEPOSITI TARDO E POSTOROGENICI MIO-PLIOCENICI ..... Pag. 73
4.1. - Generalità ..... » 73
4.1.1. - *Formazione di Monte San Giovanni Campano* (**MSG**) ..... » 73
4.1.2. - *Conglomerati di Colle Grande* (**PGC**) ..... » 74
4.1.3. - *Formazione di S. Ambrogio sul Garigliano* (**SBG**) ..... » 75

VII - STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI CONTINENTALI E VULCANICI PLIO-PLEISTOCENICI ..... » 77
1. - DEPOSITI CONTINENTALI E VULCANICI ..... » 77
1.1. - Premessa ..... » 77
1.1.1. - *Formazione di Santopadre* (**SAP**) ..... » 80
1.1.2. - *Sintema di Monte Leucio* (**LEU**) ..... » 83
1.1.3. - *Sintema di del Lago Lirino* (**LRN**) ..... » 83
1.1.3.1. - Subsintema di Forma Quesa (**LRN_1**) ..... » 85
1.1.3.2. - Unità di Colle la Grotta (**ULG**) ..... » 85
1.1.3.3. - Unità di Colle della Mola (**UDM**) ..... » 86
1.1.3.4. - Unità di Colle Sciassa (**UDC**) ..... » 87
1.1.3.5. - Unità di Colle Quartarano (**QUR**) ..... » 88
1.1.3.6. - Subsintema di Pontecorvo (**LRN_2**) ..... » 89
1.1.3.7. - Lave di Fosso Meringo (**LFM**) ..... » 90
1.1.3.8. - Unità di Colle Vento (**VNT**) ..... » 91
1.1.3.9. - Unità di Colle Selva Piana (**ULV**) ..... » 92
1.1.3.10. - Unità di Colle Trinfe Derimbo (**TFD**) ..... » 93
1.1.3.11. - Unità di Colle Rosso (**URO**) ..... » 93
1.1.3.12. - Unità di Colle Farneta (**ULF**) ..... » 93
1.1.3.13. - Unità di Colle Spinazzeta (**LSZ**) ..... » 94
1.1.3.14. - Unità di Pofi (**POF**) ..... » 95
1.1.3.15. - Unità di Colle Marte (**UCM**) ..... » 97
1.1.3.16. - Unità di Colle Rovere (**QCR**) ..... » 97
1.1.3.17. - Unità di Fiano (**UFI**) ..... » 98
1.1.3.18. - Unità di Colle Capirolo (**UPR**) ..... » 98
1.1.3.19. - Unità di Arnara (**UAN**) ..... » 99
1.1.3.20. - Unità di Mola a Vento (**MVN**) ..... » 100
1.1.3.21. - Unità di Colle Borello (**UBO**) ..... » 101
1.1.4 - *Sintema di Colfelice* (**CFE**) ..... » 102
1.1.5. - *Sintema di Ceprano* (**CEP**) ..... » 102
1.1.6. - *Sintema di Isoletta* (**ISL**) ..... » 103
1.1.7. - *Depositi attuali e recenti* ..... » 104

PROGETTO CARG

VIII - ASPETTI CHIMICO-PETROGRAFICI E GEOCRONOLOGICI DELLE VULCANITI DELLA MEDIA VALLE LATINA ..... Pag. 105
1. - GENERALITÀ ..... » 105
2. - PETROGRAFIA DEI CLASTI SCORIACEI ..... » 106
3. - PETROGRAFIA DEI TERMINI LAVICI ..... » 108
4. - CARATTERI PETROCHIMICI DELLE VULCANITI ..... » 109
5. - GEOCRONOLOGIA ED EVOLUZIONE DEL VULCANISMO ..... » 117
5.1. - Geocronologia: Metodologie e Problemi ..... » 117
5.2. - Evoluzione del vulcanismo ..... » 119

IX - ASSETTO STRUTTURALE ..... » 123
1. - INTRODUZIONE ..... » 123
2. - STRUTTURE COMPRESSIVE ..... » 125
2.1. - Unità della Catena dei Volsci ..... » 126
2.2. - Unità Simbruino-Ernica ..... » 135
3. - TETTONICA TRASCORRENTE ..... » 136
4. - TETTONICA DISTENSIVA POST-OROGENICA ..... » 139

X - EVOLUZIONE TETTONICO- SEDIMENTARIA ..... » 145

XI - CENNI DI GEOLOGIA APPLICATA ..... » 151
1. - RICERCHE MINERARIE ..... » 151
2. - MOVIMENTI FRANOSI ..... » 152
3. - OPERE DI INGEGNERIA CIVILE ..... » 152
4. - CENNI DI IDROGEOLOGIA ..... » 153
5. - IDROCARBURI ..... » 155

XII - ABSTRACT ..... » 157

XIII - LEGEND ..... » 161

- BIBLIOGRAFIA ..... » 175

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

I - INTRODUZIONE

(E. Centamore & F. Dramis)

Il Foglio 402 "Ceccano" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 è stato realizzato nell'ambito del Programma CARG (legge n°226/1999) a seguito di Convenzione tra Servizio Geologico Nazionale (Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali - Presidenza del Consiglio dei Ministri) e Regione Lazio (Assessorato all'Ambiente), stipulata in data 17/10/2001. L'incarico per lo svolgimento delle attività previste dalla suddetta Convenzione è stato affidato dalla Regione Lazio, in data 30/09/2002, al Dipartimento di Scienze della Terra -Università di Roma "La Sapienza", con determinazione del 30/09/2002 n° 763.

Le attività sono iniziate in data 20/12/2002.

Per la realizzazione del Foglio 402 "Ceccano" è stata predisposta la seguente struttura organizzativa e scientifica:

Responsabile di Progetto: Dr. Francesco Nolasco (1992-2005) - A. Sansoni (dal 2006) (Regione Lazio);

Coordinatore Scientifico: Prof. Ernesto Centamore (Università di Roma "La Sapienza");

Direttori dei Rilevamenti: Prof. Ernesto Centamore (Università di Roma "La Sapienza"), per quanto riguarda la geologia del substrato carbonatico; Prof. Francesco Dramis (dell'Università "Roma Tre"), per la geologia del Quaternario; Prof. Salvatore Milli (Università di Roma "La Sapienza"), per la geologia del

terrigeno; Prof. Raffaello Trigila e Prof. Danilo M. Palladino (Università di Roma "La Sapienza"), per il vulcanico.

Rilevatori[1]: Dr. Pio Di Manna (2002-2004); Dr. Domenico Fiorenza (2002); Dr. David Rossi (2002-2004); Dr. Marco Spaziani (2002); Dr. Vittorio Zanon (2002).

Analisti: il Prof. Maurizio Chiocchini (Università di Camerino) ha eseguito le analisi micropaleontologiche dei depositi mesozoici di piattaforma carbonatica e di scarpata; la Prof. Maria Potetti ed il Dr. Petros Didaskalou (Università di Camerino) hanno eseguito le analisi micropaleontologiche dei depositi pelagici e di scarpata paleogenici, e dei depositi pelagici e terrigeni neogenici; il Prof. Raffaello Trigila (Università di Roma "La Sapienza") ha eseguito le analisi micropetrografiche e chimiche dei campioni dei litotipi vulcanici, in parte con la collaborazione della Dr.ssa Alessandra Funari (libero professionista); la Prof. M. R. Palombo (Università di Roma "La Sapienza") ha curato la stratigrafia del Quaternario.

Esperti: il Dr. Fiorenzo Fumanti (APAT) ha collaborato all'analisi di *facies* delle formazioni mesozoiche di piattaforma carbonatica.

Laboratori di analisi:

La Soc. Petrolab di Roma ha realizzato delle sezioni sottili da sottoporre ad analisi.

La carta geologica in scala 1:50.000, è stata prodotta sulla base dei rilevamenti *ex novo* in scala 1:10.000, effettuati nel periodo gennaio 2002 - dicembre 2004.

I rilevamenti del substrato pre-quaternario sono stati condotti seguendo il criterio litostratigrafico e dell'analisi di *facies*; in questo modo è stato possibile riconoscere più facilmente gli originari ambienti di sedimentazione e la loro evoluzione spazio-temporale, nonché valutare meglio i contatti anomali tra successioni appartenenti a domini sedimentari diversi.

Nell'ambito del carbonatico sono state distinte nuove unità litostratigrafiche; molte di queste presentano caratteristiche simili a quelle già riconosciute nei Fogli CARG Lazio-Abruzzo (F° 358-359-360-368-369) e nei Fogli CARG Campania (F° 466-467-504). Per questa ragione sono state adottate le stesse sigle; quando all'interno delle unità affioranti nel Foglio 402 "Ceccano" sono state individuate delle variazioni, sono stati distinti nuovi membri. Laddove invece esistono sensibili differenze sono state istituite nuove formazioni. Per la biostratigrafia del carbonatico mesozoico sono stati utilizzati gli schemi di Chiocchini & Mancinelli (1977-1978a, b) e di Chiocchini *et alii* (1984), già adottati nei Fogli CARG Lazio-Abruzzo (F° 358-259-360-368-369). Un notevolissimo sostegno è dato dagli studi di dettaglio in gran parte inediti, di Maurizio Chiocchini che ha eseguito la biozonazione della serie del Redentore (campionata in un'area limitrofa, ma

---

(1) *Entro parentesi è indicato l'anno in cui è stato eseguito il rilievo di campagna.*

PROGETTO CARG

con le stesse caratteristiche di quella del Foglio 402 "Ceccano"), riguardante il Giurassico e la base del Cretacico e delle serie di Serra del Pruno e di M. Pizzuto per quanto riguarda il resto del Cretacico.

Per quanto riguarda i rilevamenti del Quaternario e del vulcanico, i terreni sono stati raggruppati in unità *UBSU*: "Unità stratigrafiche a limiti inconformi" (Pasquarè *et alii*, 1992). Seguendo gli indirizzi del Servizio Geologico Nazionale (Pasquarè *et alii*, 1992), sono state anche rappresentate mediante appositi simboli le caratteristiche di *facies* dei depositi così da offrire un quadro paleogeografico articolato e completo nell'ambito delle diverse unità.

Fatta eccezione per l'Olocene, alle *unità UBSU* sono stati attribuiti nomi che fanno riferimento a località (poste anche fuori dell'area del foglio) dove i relativi depositi sono facilmente osservabili.

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

II - CENNI STORICI

(P. Di Manna, D. M. Palladino & D. Rossi)

Il settore del Lazio meridionale, compreso tra la Dorsale dei Volsci (Lepini-Ausoni-Aurunci) e la Dorsale Simbruino-Ernica in cui ricade l'area del Foglio 402 "Ceccano", è stato oggetto di numerosi studi inerenti varie tematiche geologiche quali la stratigrafia, la tettonica e l'evoluzione strutturale, il vulcanismo, la sedimentologia, le ricerche di idrocarburi e la geologia e paleontologia del Quaternario.

I primi studi risalgono alla metà dell'Ottocento quando Ponzi (1858b) studiò le successioni della Dorsale dei Volsci, caratterizzata da rocce carbonatiche mesozoiche, e della Valle Latina, in cui distinse una successione carbonatica oligo-miocenica chiusa al tetto da depositi terrigeni miocenici. Per lo stesso Autore la Valle Latina si sarebbe impostata in una depressione delimitata da due faglie bordiere a direttrici NNW-SSE, localmente interrotte da faglie trasversali. Sempre il Ponzi (1858a) si occupò del Vulcanismo che definì Ernico, sviluppatosi nel Quaternario all'intersezione di due importanti lineamenti tettonici.

Successivamente Viola (1896, 1897, 1898) considera, da un punto di vista strettamente tettonico, la Valle Latina come una blanda sinclinale, i cui fianchi erano formati dalle dorsali carbonatiche della Catena dei Volsci (Lepini-Ausoni-Aurunci) e dei Simbruini-Ernici. La genesi di questa sinclinale fu attribuita al graduale sollevamento delle dorsali carbonatiche sopra citate, tra la fine

dell'Eocene e l'inizio del Miocene. Lo stesso Autore riconobbe nei Monti Lepini una successione di rocce carbonatiche appartenenti al Cretacico, dello spessore medio di 1000 m. Attraverso una dettagliata analisi del contenuto fossilifero presente individuò i vari piani dell'Urgoniano e del Turoniano.

A partire dai primi anni del 1900, attraverso lo studio delle Rudiste, Parona (1921) suddivise il Cretacico dell'Appennino separando il Cenomaniano dal Turoniano. Bassiani (1909) descrive i fossili di un limitato ma importante giacimento a Pesci e filliti del Pontico (Messiniano superiore) nei dintorni di Castro dei Volsci.

Negli anni Venti si cominciò ad applicare alla Dorsale Lepino-Ausona il concetto di falda di sovrascorrimento. Grzybowsky (1921) gettò le basi di questa nuova teoria per la quale la Dorsale Lepino-Ausona si sarebbe messa in posto per processi di carreggiamento e sovrascorrimento sui depositi terziari affioranti sulla Valle Latina. Questa ipotesi fu formulata sulla base del rinvenimento nel sottosuolo di Pico (ad una profondità di 858 m) di depositi flyschoidi sottostanti ai calcari.

Franchi (1924, 1926) che fu il principale sostenitore della teoria faldistica, attraverso nuovi dati di superficie e sulla base dei rapporti anomali tra le formazioni carbonatiche a tetto e il Complesso di Falvaterra a letto nei pressi di Falvaterra e del ritrovamento di clasti cristallini nei pressi di Colle Grande, ampliò le ipotesi proposte da Grzybowsky. Sempre Franchi individuò la presenza di un'importante sovrascorrimento della Dorsale Lepino-Ausona, con un rigetto stimabile in 70 km al fronte e 25 km lungo i fianchi della dorsale stessa. Lo stesso Autore ipotizzò una provenienza dalla Tetide delle rocce cristalline, affioranti nei pressi di Colle Grande e la presenza di finestre tettoniche nelle conche di Amaseno, Montelanico e Pastena.

De Stefani (1923) confermò la presenza di un possibile carreggiamento nel settore di S. Giovanni Incarico e Falvaterra, mentre Cacciamali (1924) ipotizzò la presenza di più falde sovrapposte. La teoria faldistica venne condivisa anche da Novarese (1926), che si è principalmente occupato delle ricerche di idrocarburi nella Valle Latina.

A conferma dell'ipotesi del carreggiamento Gignoux (1927), studiando i piani di accavallamento affioranti ad Esperia, Ausonia e Formia, riuscì ad individuare una direzione di trasporto tettonico principale orientata SW-NE, con spinte provenienti dai settori sud-occidentali.

Nel 1933 venne pubblicata la prima edizione del Foglio 159 Frosinone a cura di Grossi, il quale fornì un quadro stratigrafico e tettonico che prevedeva processi di carreggiamento dei Lepini-Ausoni al disopra di un substrato miocenico, organizzato in tre anticlinali principali: Monte San Giovanni Campano, Ceccano e Ripi.

PROGETTO CARG

Nel 1936 la teoria del carreggiamento venne fortemente contrastata da Beneo (1936, 1938, 1939, 1942, 1945), il quale attraverso una serie di nuovi studi, ipotizzò per i Monti Lepini la presenza di grandi zolle separate tra loro da faglie sia longitudinali sia trasversali, pur ammettendo la possibilità di pieghe-faglie ribaltate sul fronte nord-orientale dell'intera dorsale carbonatica. Attraverso la nuova analisi della stratigrafia ottenuta dal Pozzo Pico, le ipotesi proposte da Franchi potevano essere interpretate in maniera diversa qualora la perforazione avesse seguito sempre gli stessi strati, data la loro forte inclinazione in quell'area. In questo modo Beneo ridimensionò il concetto di carreggiamento, facendolo rientrare nell'ordine normale delle spinte orogenetiche calcolate per l'Appennino Centrale. A conferma delle ipotesi proposte da Beneo, Principi (1938), attraverso gli studi di dettaglio condotti sul Complesso di Falvaterra che affiora tra Pico e Ausonia, giunse alla conclusione che la posizione di tale complesso non andava considerata anomala, ma che semplicemente esistesse un contatto stratigrafico tra queste e i calcari cretacici.

Negli anni '50 ha inizio una nuova serie di ricerche impostate su basi più moderne, con la produzione di numerosi lavori, alcuni dei quali di estremo dettaglio. Manfredini (1953) riporta i dati stratigrafici ottenuti da una nuova perforazione presso Sezze, a poche centinaia di metri dal margine meridionale dei Monti Lepini, dove furono intercettati dei calcari, probabilmente cretacici, ad una profondità di 104 m dal piano campagna. Sulla base di questi dati, vennero eseguiti numerosi sondaggi elettrici che confermarono la presenza di questi calcari fino a grandi profondità, avvalorando l'ipotesi della presenza di importanti lineamenti tettonici a carattere distensivo che ribassavano verso Sud l'intero edificio carbonatico. Con l'avvento della geofisica, Tribalto *et alii* (1951) analizzarono la Valle Latina mediante misure gravimetriche, riconoscendo strutture anticlinaliche con *trend* assiali orientati NW-SE, localmente interrotte da elementi trasversali.

De Castro (1962, 1963, 1964) confermò le ipotesi già proposte da Cassetti (1896, 1900) dell'esistenza di una continuità tra Lias-Dogger e Malm delle formazioni affioranti sui Monti Aurunci, mentre Sartoni & Crescenti (1962, 1964) descrissero con estremo dettaglio la stratigrafia dell'area, suddividendo (sulla base del contenuto micropaleontologico) il Mesozoico in dieci Cenozone e tre Subzone.

Negli anni '60 vengono svolti lavori di rilevamento della nuova carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 del Servizio Geologico d'Italia, nel quadro della Legge 3 gennaio 1960, n° 15 (Legge Sullo). Nel Lazio meridionale tali lavori hanno riguardato in particolare i Fogli 159 "Frosinone"; 160 "Cassino", 171 "Terracina" e 172 "Gaeta" (Servizio Geologico d'Italia, 1961, 1966a, 1966b, 1968) in parte rilevati dal Servizio Geologico d'Italia (Bergomi *et alii*, 1969, 1971) e in parte dall'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università di Roma "La Sapienza" (Accordi *et alii*, 1967). In seguito a tale attività si assiste all'inizio di una serie

PROGETTO CARG

di studi condotti dall'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Roma "*La Sapienza*", che porteranno ad una migliore definizione delle caratteristiche tettoniche e stratigrafiche della Dorsale dei Volsci. Farinacci (1962) istituì un nuovo genere di foraminifero l'*Accordiella conica*, mentre Angelucci & Devoto (1966) studiarono in dettaglio il Monte Caccume, interpretandolo come formato da due unità strutturali sovrapposte. L'unità inferiore, formata da una ampia sinclinale a direzione assiale NNW-SSE, è costituita da termini carbonatici riferibili al Giurassico superiore - Paleocene inferiore, mentre l'unità superiore è rappresentata dai numerosi *klippen*, di età cretacica, sovrascorsi sul Complesso di Falvaterra che ricopre la sinclinale di letto.

Nel 1967, Angelucci collegò le vulcaniti della Valle Latina alla tettonica "epirogenetica" plio-pleistocenica, mentre Bergomi *et alii* (1974) esaminarono la petrografia e i rapporti stratigrafici dei prodotti vulcanici dell'alta e media Valle del Fiume Sacco.

Accordi (1963, 1965, 1966), ipotizzò la presenza di una tettonica traslativa attiva tra il Pontico ed il Pliocene superiore, localmente mascherata da una successiva fase tettonica pleistocenica. Nella fascia adriatica i movimenti traslativi dovevano essere di modesta entità, mentre nelle zone interne (fascia tirrenica) questi movimenti potevano raggiungere valori talmente alti, da poter considerare le unità affioranti come alloctone.

L'ipotesi di un piano di sovrascorrimento importante al *footwall* dell'edificio strutturale dei Volsci è oggi unanimemente riconosciuta, suffragata da ulteriori ricerche geofisiche (Di Filippo, 1978; Di Filippo & Toro, 1980; Di Filippo *et alii*, 1986; Bartole, 1984; Mostardini & Merlini, 1989), anche se la disputa scientifica per quanto concerne l'entità dei raccorciamenti è ancora aperta.

Un altro punto di disaccordo tra i vari Autori è rappresentato dal numero di piattaforme carbonatiche che costituiscono l'Appennino Centro-Meridionale. Selli (1962) ed Accordi (1966) si riferiscono ad una sola piattaforma, mentre D'Argenio (1966), Pescatore & Vallario (1963), Sgrosso (1986), ipotizzano l'esistenza di tre piattaforme: la campano-lucana (interna), abruzzese-campana (intermedia) e la apulo-garganica (esterna), separate da due bacini: il bacino Lagonegrese, la cui prosecuzione verso Nord è individuabile al di sotto dei depositi miocenici della Valle Latina, ed il bacino Molisano.

De Castro (1962, 1963, 1964, 1966), Colacicchi (1966), Crescenti (1969a, b), Chiocchini & Mancinelli (1977) e Chiocchini *et alii* (1984; 1989), si sono occupati dello studio di dettaglio della stratigrafia dell'area Ausono-Aurunca da un punto di vista bio-stratigrafico. I loro lavori rappresentano ancora oggi un punto di riferimento indispensabile alla comprensione dei rapporti stratigrafici delle formazioni mesozoiche appartenenti alla Piattaforma carbonatica laziale-abruzzese.

Accanto a questi lavori sono particolarmente importanti i lavori a carattere biostratigrafico, paleontologico e sedimentologico di: Accordi *et alii* (1967, 1969,

PROGETTO CARG

1988); Carannante *et alii* (1978, 1987, 1992, 1994); Carbone (1984, 1992); Carbone & Sirna (1981); Carbone & Catenacci (1978); Carboni *et alii* (1982); Catenacci (1978); Chiocchini (1988); Damiani *et alii* (1992); Devoto (1964); Devoto & Praturlon (1973); Dondi *et alii* (1966); Negretti (1953, 1956-1957); Praturlon & Parotto (1974); Praturlon & Sirna (1976); Sartoni & Crescenti (1964); Sirna (1968, 1995).

Per quanto riguarda la sedimentologia dei depositi terrigeni della Valle Latina i primi lavori sono dovuti ad Angelucci (1966a, 1970); La Monica (1966); Angelucci *et alii* (1979). Successivamente se ne sono occupati Accordi *et alii* (1969); Alberti *et alii* (1975); Bergomi *et alii* (1974); Centamore *et alii* (1978); Chiocchini & Mancinelli (1977); Damiani & Salvati (1977); Bellotti & Valeri (1982, 1984); Bellotti *et alii* (1984); Chiocchini & Cipriani (1989, 1992); Chiocchini *et alii* (1988); Putignano (1993, 1994); Cipollari & Cosentino (1995); Putignano & Ungaro (1996); Castellano *et alii* (2000).

Le prime segnalazioni del vulcanismo della media Valle Latina risalgono a Spadoni (1802). Di questa tematica si occuparono successivamente Ponzi (1858a, 1858b); Zezi (1876); Branco (1877); Viola (1896, 1897, 1898); Washington (1906); Cumin (1919) e Scherillo (1937). Studi più recenti e più approfonditi, anche per quanto riguarda le datazioni dei prodotti e talora accompagnati dalla realizzazione di carte geologiche, sono dovuti ad Angelucci & Negretti (1963); Angelucci *et alii* (1974a, 1974b); Civetta *et alii* (1965, 1981); Pasquare' *et alii* (1979); Fornaseri (1985); Capaldi *et alii* (1985); Dolfi (1981); Vezzoli (1987); Narcisi (1986, 1995); Biggioggero *et alii* (1988) e Bosi & Locardi (1991).

Numerosi infine i lavori inerenti la geologia e la paleontologia del Quaternario, in particolare per quanto riguarda i giacimenti fossiliferi e le industrie litiche. I primi studi sulle forme fossili quaternarie della Valle del Liri sono dovuti a De Lorenzo & D'Erasmo (1931, 1932); D'Erasmo & Moncharmont Zei (1955). Più recentemente Ambrosetti (1963) illustra i resti di *Elephas antiquus*, rinvenuti nei pressi di Ceprano. A Devoto (1965) è dovuto un ampio e dettagliato studio del cosiddetto Lago Lirino, le cui faune sono state studiate anche da Settepassi & Verdel (1965). Caloi & Palombo (1995 *cum biblio*); Capozza (2001); Palombo *et alii* (2003a, 2003b) apportano ulteriori contributi allo studio delle mammalofaune pleistoceniche, mentre Gliozzi *et alii* (1996) presentano un quadro sintetico della biocronologia basata sullo studio delle forme continentali del Pleistocene medio-superiore. Follieri *et alii* (1988) illustrano invece i risultati di ricerche paleobotaniche eseguite nel Lazio meridionale. A Carraro (1985) e a Comeglio & Marelli (1983) sono dovuti gli studi sul bacino di Santopadre, mentre Carrara (1986, 1991), Carrara *et alii*, (1995) hanno eseguito numerose ricerche sui depositi continentali plio-pleistocenici della Valle Latina e della Valle del Liri. Numerosi infine sono gli studi effettuati dall'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, in particolare da Alonsi (1965); Biddittu & Segre (1977); Biddittu &

PROGETTO CARG

Celletti (2001); Bidditu & Cassoli (1969); Segre (1984, 2001); Ascenzi *et alii* (1996); Ascenzi & Segre (1997); Manzi *et alii* (2001); Manzi (2004); Mallegni *et alii* (2003).

Negli ultimi anni numerosi ricercatori si sono occupati dei processi deformativi che hanno coinvolto l'Appennino Centrale ed il margine tirrenico (Cocozza & Praturlon, 1966; Pieri, 1966; Parotto & Praturlon, 1975a, b; Parotto, 1980; Perrone & Sgrosso, 1980; Locardi, 1982; Carraro, 1985; Gallo *et alii*, 1986; Mostardini & Merlini, 1986; Bally *et alii,* 1980; Cavinato & Sirna, 1988; Montone & Tallini, 1990; Patacca *et alii*, 1990; Cerisola & Montone, 1992; Naso & Tallini, 1993; Cipollari & Cosentino, 1991, 1992, 1995; Cipollari *et alii*, 1993, 1995; Corrado & Montone, 1994a, 1994b ; Acocella *et alii*, 1996; Rossi *et alii*, 2001; Cosentino *et alii,* 2002, 2006; Pasquali *et alii*, 2004a, 2004b, 2007; Sani *et alii,* 2004; Centamore *et alii*, 2005, 2007; Cippitelli, 2005), ipotizzando modelli alternativi e stili strutturali in grado di giustificare il complicato assetto strutturale dei Monti Lepini-Ausoni-Aurunci (Dorsale dei Volsci).

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

III - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

(E. Centamore & F. Dramis)

L'area compresa nel Foglio 402 "Ceccano", in scala 1:50.000, fa parte dell'estremo settore occidentale del Dominio laziale-abruzzese (tav.1) e ricade in parte nel Foglio 159 "Frosinone" e nel Foglio 160 "Cassino", entrambi in scala 1:100.000 e rilevati negli anni '60 con la Legge 3 gennaio 1960, n. 15. La sua porzione meridionale comprende una zona montuosa che fa parte della Dorsale carbonatica aurunco-ausona, la quale insieme ai Monti Lepini, costituisce la Dorsale dei Volsci; quella centrale, sub-pianeggiante e di bassa collina, corrisponde alla parte sud-orientale della depressione tettonica della Valle Latina; quella settentrionale è caratterizzata invece da un sistema collinare, localizzato in destra idrografica del Fiume Liri, e da un sistema montuoso o alto collinare, che costituisce il prolungamento nord-occidentale della Dorsale di Monte Cairo.

In base alle caratteristiche litostratigrafiche e strutturali ed alle differenti evoluzioni tettonico-sedimentarie dei diversi settori dell'area, sono state distinte due principali unità tettoniche: l'Unità della Catena dei Volsci, più interna e strutturalmente più elevata, e l'Unità Simbruino-Ernica, più esterna e strutturalmente più bassa.

Il settore aurunco-ausono dell'Unità della Catena dei Volsci è localmente costituito da una successione carbonatica di piattaforma del Giurassico-Cretacico superiore.

Al di sopra dei termini superiori di tale successione affiorano lembi del Complesso di Falvaterra, da alcuni Autori (Sani *et alii*, 2004, *cum biblio*) attribuito in passato al Complesso Sicilide, o al Dominio Liguride.

La Dorsale aurunco-ausona è limitata al suo bordo orientale da un sovrascorrimento che sovrappone le unità carbonatiche al Complesso di Falvaterra, a sua volta sovrapposto, tramite il Sovrascorrimento dei Volsci, alle formazioni mioceniche della Valle Latina.

Da quanto emerso dai lavori effettuati per i rilevamenti del Foglio 402 "Ceccano", il Complesso di Falvaterra rappresenterebbe il risultato della caoticizzazione di una successione depositatasi, a partire dall'Oligocene superiore, all'interno dell'Unità della Catena dei Volsci.

I termini di tale successione, Successione del Torrente Ausente, che affiora con un assetto abbastanza ordinato poco al di fuori dell'area studiata, documentano dapprima la flessurazione del blocco carbonatico ausono-aurunco durante l'Oligocene superiore. In questa fase si osserva la messa in posto per gravità di un olistostroma del Complesso Sicilide, di provenienza interna dalla catena in evoluzione.

Su tale olistostroma si sono poi depositate dall'Oligocene superiore al Burdigaliano *p.p.* litofacies calcarenitico-marnose di rampa?-scarpata-bacino. Successivamente si osserva il coinvolgimento del settore in esame nel dominio di avanfossa durante il Miocene inferiore-medio ed infine, dal Messiniano, in quello di catena su cui si sono impostati fino al Pliocene inferiore bacini satelliti.

La caoticizzazione della Successione del Torrente Ausente sarebbe collegata agli effetti dello scollamento di questa copertura duttile dal substrato carbonatico più rigido, durante le fasi finali della costruzione della catena. Pertanto il Complesso di Falvaterra sarebbe parte integrante dell'Unità della Catena dei Volsci. Quindi il sovrascorrimento dei Volsci rappresenta l'elemento compressivo principale attraverso il quale l'Unità della Catena dei Volsci è sovrascorso sull'Unità Simbruino-Ernica.

L'Unità della Catena dei Volsci è a sua volta suddivisa in diverse unità minori da una serie di pieghe e sovrascorrimenti, alla base dei quali rimangono lembi relitti del Complesso di Falvaterra.

Il settore centrale e quello settentrionale del Foglio 402 "Ceccano", appartengono invece alla più estesa Unità Simbruino-Ernica, anche questa suddivisa in una serie di unità minori, caratterizzate da assetti strutturali diversi.

La Valle Latina rappresenta una depressione tettonica impostata sulla parte più interna dell'unità in questione. Essa è colmata prevalentemente dalle torbiditi silicoclastiche della formazione di Frosinone, che documentano il coinvolgimento di questo settore nel dominio di avanfossa durante il Tortoniano superiore. Depositi marini tardo e post-orogenici del Messiniano inferiore-Pliocene inferiore

PROGETTO CARG

evidenziano la formazione di bacini satellite nell'Unità in esame durante le fasi compressive.

Nell'area studiata affiorano anche depositi continentali e vulcanici. I primi sono rappresentati principalmente da depositi lacustri e fluvio-lacustri del Pleistocene medio basale che appartengono al sintema del Lago Lirino e da alluvioni terrazzate di età compresa tra il Pleistocene medio finale e l'Olocene, disposte in vari ordini altimetrici. I depositi vulcanici appartengono ad alcuni centri del Distretto Vulcanico della media Valle Latina e fanno parte del sintema del Lago Lirino.

L'assetto strutturale della Valle Latina è particolarmente complesso: la sua parte più interna, al letto del sovrascorrimento dell'Unità della Catena dei Volsci, è caratterizzata dalla presenza di un sistema a scaglie tettoniche, che nell'area in esame sono rappresentate dalle scaglie tettoniche carbonatiche di Ceccano e di Colle della Pece.

Nel resto della depressione si osserva un insieme di pieghe e sovrascorrimenti; spesso al fronte di questi ultimi si osservano anticlinali il cui nucleo è costituito da rocce carbonatiche.

Il settore nord-orientale del Foglio 402 "Ceccano" rappresenta la porzione sud-orientale della parte più esterna dell'Unità Simbruino-Ernica, ampiamente sovrascorsa sulle torbiditi dell'avanfossa messiniana che colmano la Valle Roveto.

In tale settore, che costituisce il prolungamento della Dorsale di Monte Cairo, affiorano principalmente i termini di una successione carbonatica di piattaforma del Giurassico-Cretaceo superiore, in cui si osservano discordanze angolari, limitate lacune stratigrafiche e passaggi da ambienti di piattaforma interna ad ambienti di margine e retromargine. Su questa successione, dopo la lacuna paleogenica, si sono depositate le calcareniti a Briozoi di rampa carbonatica del Miocene inferiore-medio, seguite dall'unità argilloso-marnosa, che testimonia la flessurazione del settore in esame nel Serravalliano superiore-Tortoniano inferiore, e dalle torbiditi sinorogeniche di avanfossa della formazione di Frosinone del Tortoniano superiore.

Nell'area in esame, come pure in altri limitati lembi degli altri settori, affiorano depositi di bacino-satellite sabbioso-conglomeratici di ambiente neritico del Pliocene inferiore.

Tra Rocca d'Arce e Santopadre, poco al di fuori del Foglio in esame, i depositi continentali di ambiente fluvio-lacustre della formazione di Santopadre (del Villafranchiano inferiore) colmano un'ampia depressione tettonica che si estende fino oltre l'area studiata.

Dal punto di vista strutturale anche questo settore è suddiviso in tante unità minori da una serie di sovrascorrimenti cui si associano numerosi retroscorrimenti.

Tutte le unità tettoniche sopra descritte sono state coinvolte nella strutturazione della catena in un intervallo temporale che va dal Tortoniano superiore, per

PROGETTO CARG

l'Unità della Catena dei Volsci, al Messiniano inferiore per l'unità più esterna, con numerose riattivazioni fuori sequenza fino alla fine del Pliocene inferiore, poiché appaiono coinvolti nella compressione anche i depositi del Pliocene inferiore.

Tra il Pliocene medio e il Pliocene superiore tutta l'area è stata interessata da intensi processi di sollevamento cui si sono associate poi le prime fasi di tettonica estensionale, con lo sviluppo di depressioni tettoniche all'interno delle quali si è depositata la formazione di Santopadre.

Durante il Villafranchiano superiore sono proseguiti i processi di sollevamento regionale e di tettonica estensionale. In questo intervallo di tempo si è impostata la Depressione tettonica della Valle Latina, al cui interno si depositavano sedimenti lacustri, accumuli di frana e brecce di versante, seguiti nel Pleistocene medio basale dai Depositi del Lago Lirino e dai Depositi del Distretto Vulcanico della media Valle Latina.

Tra il Pleistocene medio finale e l'Olocene si sono verificate nell'area numerose variazioni climatiche, che, insieme al protrarsi dei processi di sollevamento regionale e della tettonica estensionale, hanno favorito la formazione di una serie depositi alluvionali terrazzati disposti a varie altezze sul fondovalle attuale.

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

IV - CENNI DI GEOMORFOLOGIA

(F. Dramis & E. Centamore)

L'attuale assetto morfostrutturale dell'area compresa nel Foglio 402 "Ceccano" è caratterizzato da un *pattern* a blocchi con movimenti verticali differenziati, separati da depressioni tettoniche ad andamento longitudinale e trasversale, tra le quali spicca, per le sue dimensioni, la depressione della Valle Latina, e, in misura minore, le conche di Santopadre, di Pastena, di Lenola e di S. Oliva.

L'evoluzione del rilievo è stata notevolmente influenzata dagli effetti concomitanti del sollevamento regionale, della tettonica distensiva e delle variazioni climatiche ed eustatiche, nonché dalla diversa risposta all'erosione del substrato litoide.

Vi si possono distinguere i seguenti settori principali:

1. un settore meridionale, rappresentato dalla locale porzione della dorsale montuosa ausono-aurunca;
2. un settore centrale, costituito dalla depressione tettonica della Valle Latina, in cui si aprono le valli del Fiume Sacco e del Fiume Liri;
3. un settore settentrionale, dalla morfologia collinare, localizzato in destra idrografica del Fiume Liri;
4. un settore montuoso nord-orientale, che rappresenta il prolungamento della Dorsale di Monte Cairo, in cui si apre la depressione tettonica di Rocca d'Arce-Santopadre.

Il primo settore (1) è delimitato al suo bordo nord-orientale dal ripido fronte del sovrascorrimento della Dorsale dei Volsci, vistosamente disarticolato da faglie con andamento SW-NE o N-S e a luoghi con cinematica trascorrente. Al suo interno si osserva un *pattern* a blocchi con movimenti verticali differenziali, tra i quali si aprono strette depressioni ad andamento trasversale, obliquo e longitudinale, e conche tettono-carsiche, quali le conche di Pastena, Lenola e Sant'Oliva.

Alla sommità dei maggiori rilievi e all'interno delle valli, disposti in più ordini altimetrici sulle porzioni più elevate dei versanti, si riconoscono i resti di antiche superfici di erosione formatesi durante il Villafranchiano, sub-pianeggianti o poco ondulate (rispettivamente superficie sommitale Auct. e superfici relitte, o terrazzi orografici Auct.). Sulla superficie più bassa della suddetta successione di superfici relitte, sono presenti accumuli di blocchi carbonatici di grandi dimensioni provenienti dai versanti adiacenti (paleofrane). Questi materiali risultano ricoperti a loro volta da brecce carbonatiche cementate. Ambedue i depositi suddetti appaiono a luoghi dislocati e basculati contro monte per effetto di dislocazioni recenti o di ulteriori processi gravitativi.

I resti di un'altra superficie, incassata nella precedente, s'individuano nei dintorni di Pico e San Giovanni Incarico, in corrispondenza di alcune piccole dorsali dove affiora la formazione di Frosinone. Su alcune di queste superfici poggiano isolati lembi di depositi lacustri, che probabilmente sono indicativi di un primo abbozzo del Lago Lirino nel Villafranchiano superiore.

L'attività tettonica più recente è evidenziata dalla presenza sui versanti di faccette triangolari/trapezoidali e di *scarplets* con associate deformazioni gravitative profonde.

In tutto il settore meridionale sono poi sviluppate le forme carsiche sia superficiali, come doline, uvale, polje, campi solcati, inghiottitoi (Casto & Zarlenga, 1991), sia ipogee, come le grotte di Pastena - risorgenza dell'Obbuco ed altre cavità che si aprono nei dintorni di Castro dei Volsci (Buco dell'Acero, Abisso la Vettica) e di Amaseno (Ciauca della Lontra) (Mecchia *et alii,* 2003).

Nel settore centrale (2), più depresso e a cavallo del tratto N-S del Fiume Liri tra Arce e Ceprano, si distinguono due aree (tra Arce e Ceprano e tra Ceccano, Pofi e Ceprano), abbastanza differenti sotto l'aspetto geomorfologico, in conseguenza di una diversa storia evolutiva.

L'area compresa tra Ceprano e Pontecorvo, bordata a nord dalla dorsale carbonatica Rocca d'Arce-Roccasecca, è caratterizzata dalla presenza di una spianata di erosione, debolmente inclinata verso sud e impostata sulle alluvioni terrazzate del III° ordine del Pleistocene medio basale *p.p.*. Alcuni affluenti del Fiume Liri, generalmente ad andamento N-S, la incidono profondamente fino a fare affiorare i sottostanti depositi lacustri e fluvio-lacustri del Lago Lirino, che appaiono dislocati e basculati verso N e NE. In questa area sono presenti altri due ordini di terrazzi alluvionali, incassati in quelli più antichi.

PROGETTO CARG

Su alcune piccole dorsali, localizzate alla base di Monte Grande e costituite dalle arenarie della formazione di Frosinone, sono evidenti le tracce di una superficie erosionale, su cui si rinvengono rari ciottoli sparsi. Tale superficie potrebbe essere collegata alla superficie del Villafranchiano superiore, su cui poggiano nel settore meridionale limitati lembi di depositi lacustri.

Nell'area compresa tra Ceccano, Pofi e Ceprano si osserva un paesaggio basso-collinare, costituito in gran parte da affioramenti della formazione di Frosinone, dai quali emergono sia le piccole dorsali carbonatiche di Ceccano che i modesti rilievi dei centri eruttivi appartenenti al Distretto Vulcanico della media Valle Latina.

Relitti di morfologie vulcaniche positive sono rappresentati nell'area da modesti rilievi collinari che non superano la quota di 250 m s.l.m.. Essi sono riconducibili a centri eruttivi radicati quali coni di scorie e lapilli più o meno saldati, derivanti da attività hawaiiana-stromboliana, *tuff ring* e *tuff cone* (anelli e coni di tufo), tipici di eruzioni idromagmatiche (Lorentz, 1973, 1986). Il riconoscimento delle relative depressioni crateriche è notevolmente ostacolato dal modellamento del rilievo ad opera delle acque, della gravità e della tettonica recente, che ha agito successivamente alla messa in posto delle vulcaniti, erodendone profondamente soprattutto le porzioni prossimali e colmando le depressioni interne. Un ulteriore fattore di complicazione della lettura delle morfologie vulcaniche emerge laddove più centri di esplosione piuttosto ravvicinati nello spazio (e verosimilmente anche nel tempo) hanno generato forme depresse composite ed articolate, come nel caso dell'area di Pofi, dove l'edificio vulcanico di maggiori dimensioni dell'intera area è stato parzialmente smantellato da altri episodi eruttivi oltre che da movimenti franosi.

Sulla sinistra idrografica del Fiume Sacco s'individua una modesta spianata di erosione ricoperta da terrazzi alluvionali del II° ordine, riferibili al Pleistocene medio finale. Alcuni scavi hanno individuato, al di sotto delle alluvioni, resti di depositi lacustri del Villafranchiano superiore, di depositi fluvio-lacustri più recenti riferibili al Lago Lirino e lembi di depositi alluvionali del Pleistocene medio basale *p.p.*, chiaramente basculati ed erosi. Evidenze di tettonica recente s'individuano anche nelle dislocazioni che interessano i depositi vulcanici.

Nel settore settentrionale (3), ubicato sulla destra idrografica del Fiume Liri e caratterizzato dall'affioramento di depositi prevalentemente arenacei, è presente un paesaggio collinare (con quote comprese tra 260 e 150 m), composto da una serie di dorsali separate da valli più o meno ampie. Il fitto reticolo di drenaggio, contraddistinto da un *pattern* rettangolare con direttrici NE-SW e N-S, appare strettamente condizionato dalla attività della tettonica quaternaria; insieme a dislocazioni di nuova formazione si osserva la riattivazione di elementi strutturali più antichi.

PROGETTO CARG

Anche il settore montuoso nord-orientale (4), compreso tra Rocca d'Arce e i rilievi della Valle del Fiume Melfa, sulla sinistra del Fiume Liri, presenta un assetto assai articolato, notevolmente condizionato dagli effetti della tettonica quaternaria. Il *pattern* morfostrutturale principale è costituito da una serie di dorsali carbonatiche ad andamento appenninico, separate da depressioni longitudinali, all'interno delle quali affiorano depositi terrigeni. Le dorsali carbonatiche sono delimitate da versanti notevolmente acclivi, caratterizzate sul versante sudoccidentale da faglie normali immergenti a SW e, sul versante nordorientale, da fronti di sovrascorrimento a vergenza nordorientale.

Una serie di faglie con direzione N-S e cinematica trascorrente disloca vistosamente il sistema descritto. In corrispondenza di questi elementi strutturali sono localizzate valli strette e profonde, tra le quali spicca quella delle Gole del Fiume Melfa, ubicata nell'estrema porzione nord-orientale del Foglio, e il tratto del F. Liri tra Sora e Ceprano.

Nella porzione più settentrionale dell'area, tra Rocca d'Arce e Santopadre, si è impostata una depressione tettonica nella quale, durante il Villafranchiano inferiore, si è depositata la formazione di Santopadre, costituita da alternanze di livelli conglomeratici e livelli sabbioso-argillosi di ambiente fluvio-lacustre. Per effetto dell'erosione selettiva gli orizzonti conglomeratici sono evidenziati da una serie di rotture di pendio e di piccole scarpate.

Appena fuori dell'area (tra Santopadre e Arpino), si osserva una superficie di erosione sub-pianeggiante impostata sia sulla sommità dei depositi fluvio-lacustri sia sugli adiacenti versanti carbonatici; su questa si sono sviluppati diffusamente processi carsici.

Nei settori più rilevati si riconoscono tracce di un antico paesaggio continentale a bassa energia di rilievo, dalle forme morbide e dai dislivelli poco accentuati, che rappresenta la più antica evidenza di modellamento continentale dell'area (Superficie sommitale Auct., Demangeot, 1965; Dramis, 1993; Coltorti & Pieruccini 1999; Centamore *et alii*, 2006 a, b, c, d; Centamore & Nisio, 2003a, b).

Incassati nella Superficie sommitale e disposti in diversi ordini altimetrici si rinvengono lembi di altre superfici subpianeggianti (superfici relitte: Centamore & Nisio, 2003, a, b; terrazzi orografici: Centamore *et alii*, 2003). Tali elementi morfologici si sono formati verosimilmente per processi di erosione areale in condizioni climatiche subaride (Suc, 1982; Dramis, 1993), nel corso del sollevamento regionale.

Sulla superficie relitta altimetricamente più bassa poggiano blocchi carbonatici dell'Unità della Catena dei Volsci le cui dimensioni possono raggiungere diverse migliaia di metri cubi, e depositi caotici messi in posto per gravità. Questi materiali sono, a luoghi ricoperti da brecce carbonatiche.

La genesi di movimenti gravitativi così importanti, manifestatisi a scala regionale, potrebbe essere posta in relazione con le prime fasi della distensione

PROGETTO CARG

tettonica plio-pleistocenica, che sarebbe stata responsabile della formazione di ripide scarpate tettoniche oltre che di una notevole attività sismica.

Un notevole ruolo morfogenetico è stato svolto nell'area dalla tettonica distensiva plio-pleistocenica, alla cui attività si deve l'attuale assetto del rilievo a blocchi sollevati e a depressioni tettoniche. La Superficie sommitale e le superfici relitte risultano dislocate più o meno vistosamente da faglie normali, in corrispondenza delle quali si sono formati versanti a faccette triangolari o trapezoidali, *scarplets* e deformazioni gravitative profonde. Anche l'evoluzione del reticolo idrografico è chiaramente controllata dall'attività dei vari sistemi di faglie, che a luoghi (T. Melfa) hanno favorito l'approfondimento del reticolo secondo il meccanismo della sovrimposizione (*sensu* Melton, 1959), mentre altre volte hanno contribuito alla formazione di gomiti e catture fluviali.

Il comportamento morfoselettivo del substrato litoide è messo in luce dalla differenza di tessitura morfologica tra i settori con prevalenti depositi terrigeni e quelli carbonatici: le dorsali carbonatiche emergono con morfologie piuttosto aspre dalle arenarie, in corrispondenza delle quali si è impostato un fitto reticolo di drenaggio, strettamente controllato dalla tettonica quaternaria, con valli strette e profonde, in cui confluiscono ad angolo retto numerose vallecole minori.

Uno dei processi morfogenetici più importanti dell'area è rappresentato dal carsismo. I processi carsici hanno favorito lo sviluppo di cavità epigee ed ipogee ad elevato grado di evoluzione, con una grande varietà di forme: campi solcati, doline, uvala, pozzi ed inghiottitoi. Tali forme si associano e si sviluppano in maniera diversa, da zona a zona, così che si possono riconoscere differenti settori, caratterizzati ciascuno da peculiari morfologie carsiche.

Le differenze nelle caratteristiche delle forme carsiche possono essere imputate a diversi fattori quali la litologia e la giacitura degli strati, l'esposizione dei versanti, il grado di fratturazione delle rocce, la presenza di dislocazioni tettoniche, l'energia del rilievo, l'assetto del reticolo di drenaggio.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

V - CENNI SUGLI SCHEMI BIOSTRATIGRAFICI E CRONOSTRATIGRAFICI ADOTTATI

(M. Chiocchini, P. Didaskalou & M. Potetti)

La biostratigrafia delle unità affioranti è basata su vari gruppi di fossili caratteristici delle diverse facies riconosciute nell'area del foglio. I dati biostratigrafici riferiti ai Foraminiferi bentonici, Foraminiferi planctonici, Alghe calcaree, Calpionelle, Calcisferulidi, Rudiste etc. hanno permesso di utilizzare gli schemi zonali che sono riportati nelle figure 1, 2, 3, 4, 5, 6. Questi schemi, utilizzati anche per i Fogli dell'Abruzzo (359, 360, 368, 369) e del Lazio (Foglio 358 "Pescorocchiano") coprono l'intervallo Triassico superiore -Pliocene e derivano da schemi in precedenza elaborati per l'area umbro - marchigiana e laziale - abruzzese opportunamente modificati. Le modifiche riguardano la nomenclatura di alcune biozone a causa delle variazioni tassonomiche dei *taxa* indice o della scelta di *taxa* più significativi, anche a livello locale, rispetto a quelli utilizzati originariamente; è stata modificata l'estensione di alcune biozone grazie alle nuove conoscenze sulla distribuzione totale dei *taxa*; è stata modificata l'età di alcune biozone, in seguito ai più recenti studi sui limiti cronostratigrafici.

1. - IL MESOZOICO

Le analisi micropaleontologiche sono state eseguite da M. Chiocchini, dell'Università degli Studi di Camerino, mentre per le associazioni a macrofossili

sono stati adottati gli schemi proposti da G. Sirna dell'Università di Roma "la Sapienza" per il CARG Abruzzo. Gli schemi biostratigrafici utilizzati sono il risultato della più che decennale attività di ricerca svolta dagli Autori citati nelle regioni umbro-marchigiana e laziale-abruzzese.

In particolare per la biostratigrafia delle principali *facies* di piattaforma carbonatica (piattaforma interna, margine e scarpata esterna) sono stati utilizzati gli schemi di Chiocchini & Mancinelli (1977, 1978) ed i relativi aggiornamenti di Chiocchini *et alii* (1995).

Per l'uso qui richiesto è stato necessario estendere la biozonazione relativa alle *facies* di margine-gradino ribassato o rampa (?)-scarpata *s.l.* a tutto il Cretacico superiore, mediante l'introduzione di nuove biozone.

In questa sede si ritiene sufficiente precisare che i limiti delle nuove biozone sono essenzialmente basati sulla comparsa e, più raramente, sulla scomparsa di microfossili caratteristici, come evidenziato negli schemi biozonali stessi.

L'utilizzo di tre schemi biozonali distinti è giustificato dal fatto che le tre *facies* riconosciute presentano caratteristiche paleontologiche diverse.

La *facies* di piattaforma carbonatica interna (fig. 1) è caratterizzata da associazioni bentoniche (in particolare molluschi, foraminiferi ed alghe calcaree) adattate ad ambienti prevalentemente fangosi e talora scarsamente ossigenati. Nella porzione di piattaforma interna prossima al margine (retromargine) i microfossili ed i macrofossili bentonici sono generalmente più abbondanti; significativa è la presenza di *"porostromata"* (alghe calcaree filamentose).

La *facies* di margine (fig. 2) è caratterizzata da un regime idrodinamico elevato che ha favorito lo sviluppo di macrofaune sessili e di associazioni di microfossili bentonici altrettanto specializzate.

La *facies* di scarpata *s.l.* (fig. 2) è caratterizzata da associazioni costituite da fossili pelagici sedimentati in *situ* e da fossili bentonici allo stato bioclastico provenienti dalle zone marginali della piattaforma. Questi ultimi presentano generalmente caratteristiche di alloctonia primaria o sincrona poiché provengono dai vicini sedimenti carbonatici marginali ancora debolmente consolidati e mantengono lo stesso ordine di comparsa osservato nelle successioni stratigrafiche marginali. I *taxa* bentonici risedimentati, quindi, non hanno perso il loro valore stratigrafico e possono essere considerati praticamente coevi dei *taxa* pelagici che li accompagnano. Gli schemi utilizzati per quest'ultima *facies* sono stati applicati anche ai sedimenti di *facies* di gradino ribassato-rampa (?) che presentano caratteristiche simili alle *facies* della scarpata *s.l.*

Lo schema di fig. 3 è costituito dalle unità biostratigrafiche che figurano negli schemi di Micarelli & Potetti (1985) e di Centamore & Micarelli (1991) leggermente modificati. In esso sono stati riportati tutti gli eventi che definiscono i limiti biostratigrafici e che pertanto permettono di mettere in evidenza le variazioni apportate rispetto agli schemi sopra citati. Sono stati inoltre aggiunti eventi che, anche se non rientrano nella definizione delle biozone, sono utili per la correlazione sia con gli schemi standard sia con altri schemi elaborati per lo stesso intervallo da diversi Autori (Premoli Silva & Sliter, 1995). Il suddetto schema

PROGETTO CARG

è stato anche correlato con la scala della polarità magnetica e con le biozone a Foraminiferi planctonici e bentonici elaborate per la facies di scarpata esterna.

Per quanto riguarda le corrispondenze tra le suddivisioni biostratigrafiche e quelle cronostratigrafiche si è tenuto conto dei suggerimenti contenuti nei *Proceedings "Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries" eds.* Rawson *et alii* (1996).

2. - IL CENOZOICO

I sedimenti del Paleogene sono stati studiati da M. Potetti e P. Didaskalou dell'Università di Camerino.

Le biozone a macroforaminiferi, per l'intervallo Paleocene - Eocene (fig. 4) sono quelle che figurano nella *Shallow Bentic Zonation* (SBZ) recentemente proposta da Serra Kiel *et alii* (1998 a, b), mentre per l'intervallo Oligocene-Miocene sono quelle elaborate da Cahuzac & Poignant (1997). Esse risultano direttamente correlate alla magnetostratigrafia e alle zonazioni a plancton calcareo e dinoflagellati (Berggren *et alii,* 1995; Cahuzac & Poignant, 1997; Serra Kiel *et alii*, 1998 a, b).

Le biozone a Foraminiferi planctonici per il Paleogene (fig. 4) sono quelle che figurano in Centamore & Micarelli (1991) leggermente modificate. La scala della polarità magnetica che figura nello schema (Cande & Kent, 1995) e le zonazioni standard "P" (Berggren *et alii*., 1995) hanno consentito di correlare la *Shallow Bentic Zonation* sopracitata con la biozonazione a Foraminiferi planctonici qui usata.

L'intervallo Mio-Pliocene è stato studiato da P. Didaskalou dell'Università di Camerino. Per il Miocene, lo schema, basato sui foraminiferi planctonici è tratto da Micarelli & Potetti (1985), leggermente modificato (fig. 5). In esso sono state riportate le correlazioni sia con le zone a foraminiferi bentonici di Cahuzac & Poignant (1997) e di Crescenti *et alii* (1969), sia con la scala della polarità magnetica di Cande & Kent (1995). Rispetto allo schema sopra citato, qui figurano, oltre ai eventi che definiscono i limiti zonali, anche altri eventi che permettono la correlazione con altre biozonazioni.

Nello schema di fig. 6, basato sui nannofossili calcarei, sono state riportate, per l'intervallo Miocene medio-superiore - Pleistocene anche le biostratigrafie definite con i Foraminiferi planctonici, la biocronologia, la scala della polarità magnetica e la scala cronostratigrafica. La biostratigrafia a nannofossili calcarei corrisponde a quella proposta da Fornaciari *et alii* (1996); i dati biocronologici sono desunti da Lorents *et alii* (1986), da Raffi in Berggren *et alii* (1995) e da dati inediti di I. Raffi; la scala della polarità magnetica è desunta da Cande & Kent (1992, 1995); da Lorents *et alii* (1986) e da Hilgen *et alii* (1996); la biostratigrafia a Foraminiferi planctonici corrisponde con quella ormai collaudata in Italia da decenni (Cati *et alii,* 1968; Cantalamessa *et alii,* 2004).

PROGETTO CARG

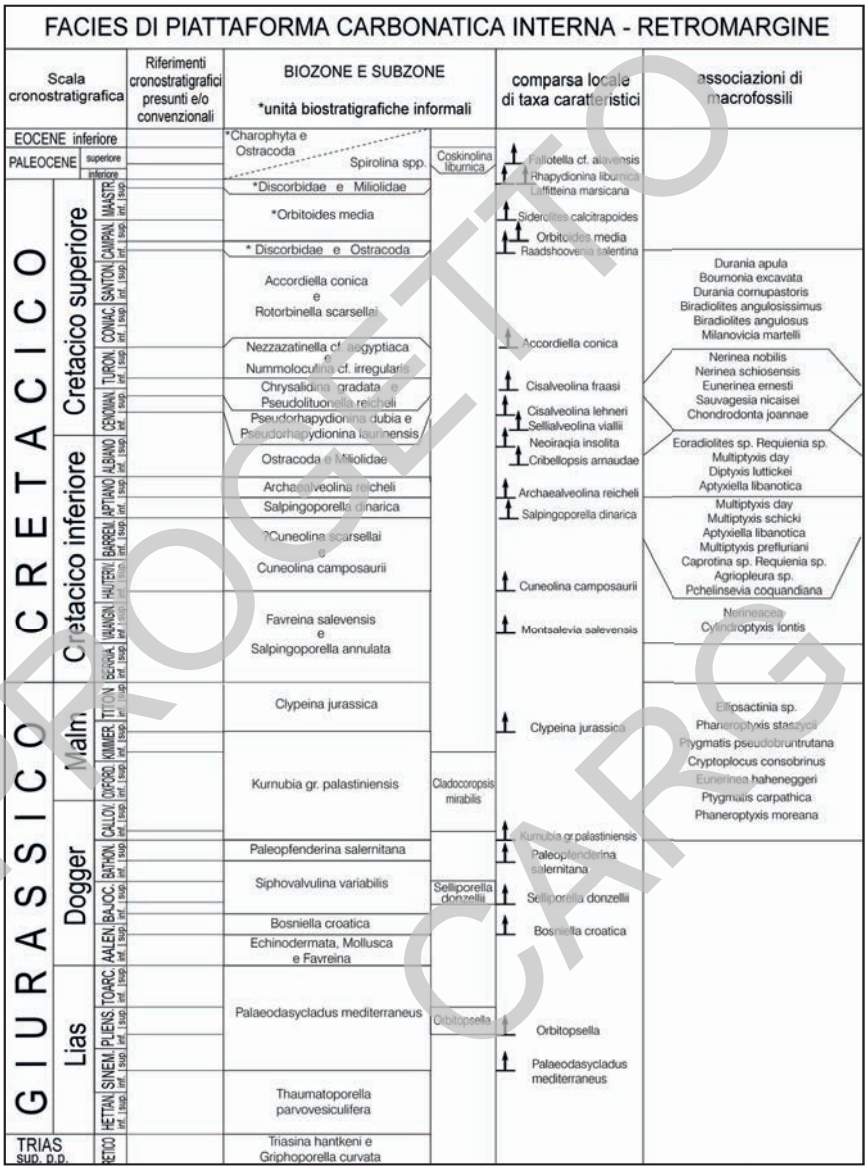


Fig. 1 - *Schema bio-stratigrafico delle facies mesozoiche di piattaforma carbonatica interna. Da* Chiocchini & Mancinelli, *(1977) e* Chiocchini et alii *(1995) leggermente modificati; le macrofaune sono state identificate da G. Sirna.*

PROGETTO CARG

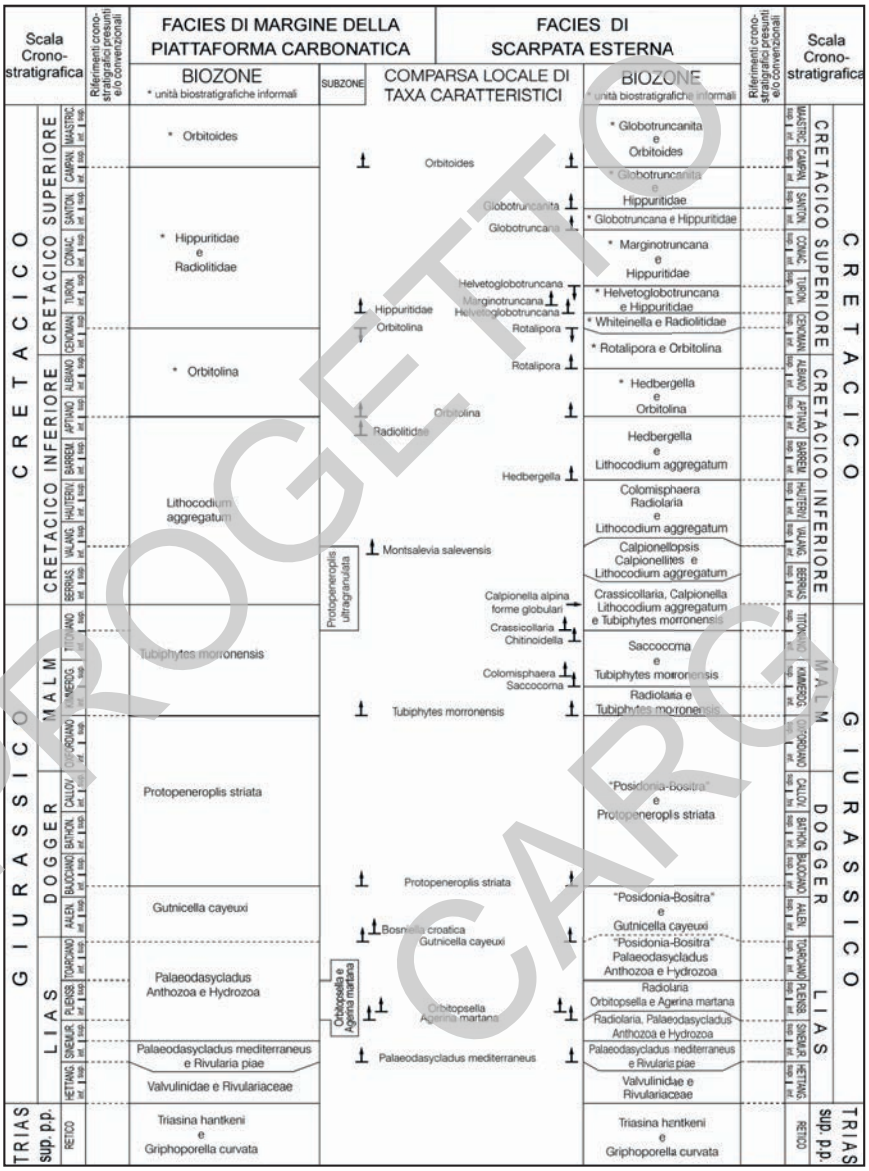


Fig. 2 - *Schema bio-stratigrafico delle facies mesozoiche di margine e di scarpata esterna. Da* Chiocchini & Mancinelli, *(1978) e* Chiocchini et alii *(1995).*

PROGETTO CARG

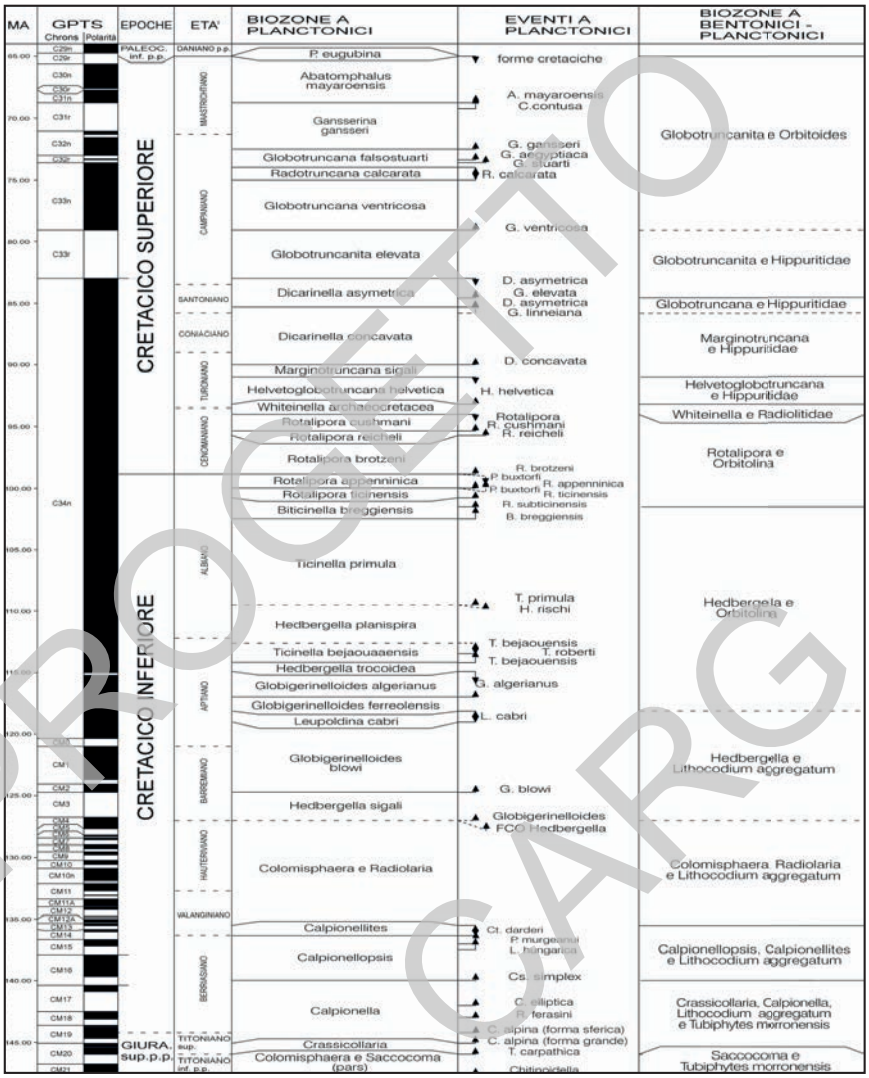


Fig. 3 - *Schema stratigrafico delle facies bacinali e di scarpata del Cretacico. Magnetostratigrafia (GPTS)* da Gradstein et alii. *(1994) e* da Premoli Silva & Sliter *(1995). Cronostratigrafia da Rawson* et alii *Eds, (1986); i limiti cronostratigrafici tratteggiati corrispondono a correlazioni indirette o a limiti in via di ridefinizione. Biozone a Calpionelle da* Micarelli et alii *(1977) in parte modificati; Biozone a foraminiferi planctonici* da Centamore & Micarelli (1991*), in parte modificati; Biozone a foraminiferi bentonici/ planctonici da* Chiocchini et alii *(1995). Il tratteggio in corrispondenza dei bioeventi corrisponde a dati biocronologici incerti.*

PROGETTO CARG

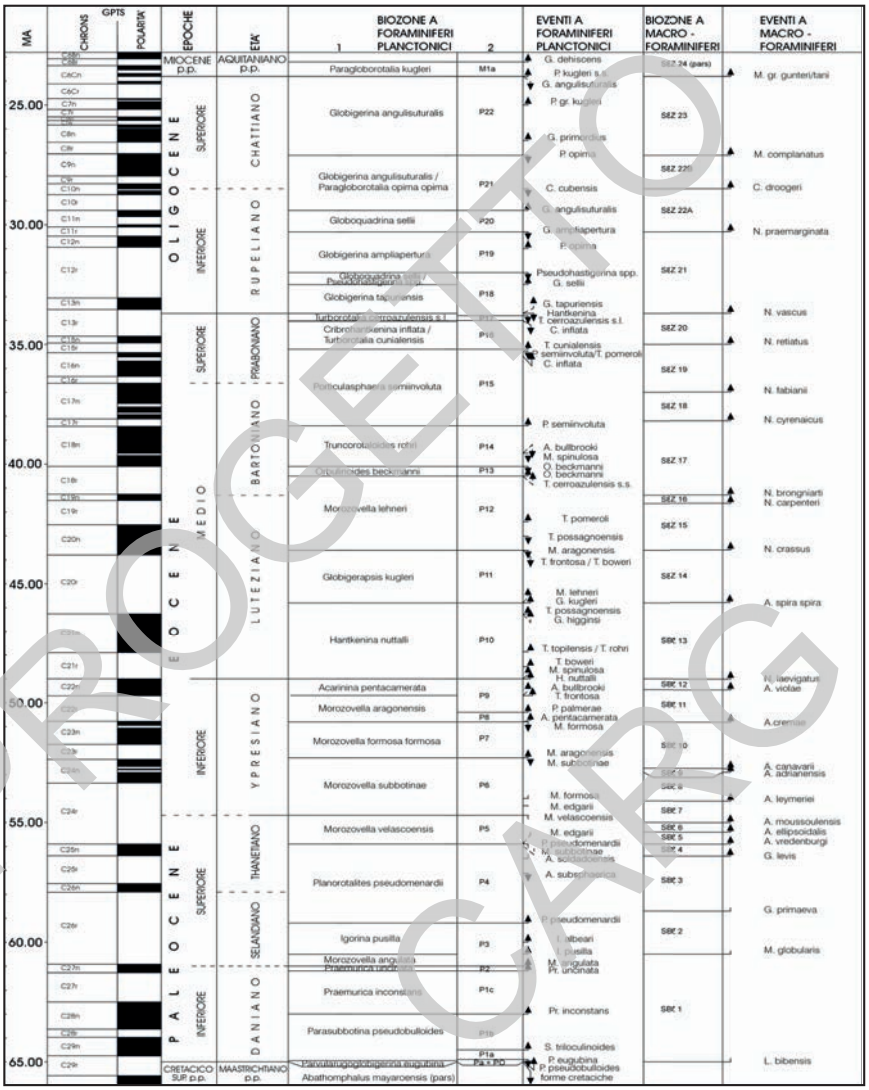


Fig. 4 - *Schema stratigrafico del Paleogene. Magnetostratigrafia (GPTS) da* Cande & Kent *(1995). Biocronologia e cronostratigrafia (in parte modificata) da* Berggren et alii *(1995); i limiti cronostratigrafici tratteggiati corrispondono a correlazioni indirette o a limiti in via di ridefinizione. Biozone a foraminiferi planctonici: 1) da* Centamore & Micarelli *(1991) in parte modificate; 2) da* Berggren et alii *(1995). Biozone a macroforaminiferi da* Serra Kiel et alii *(1999a,b.). Il tratteggio in corrispondenza dei bioeventi corrisponde a dati biocronologici incerti.*

PROGETTO CARG

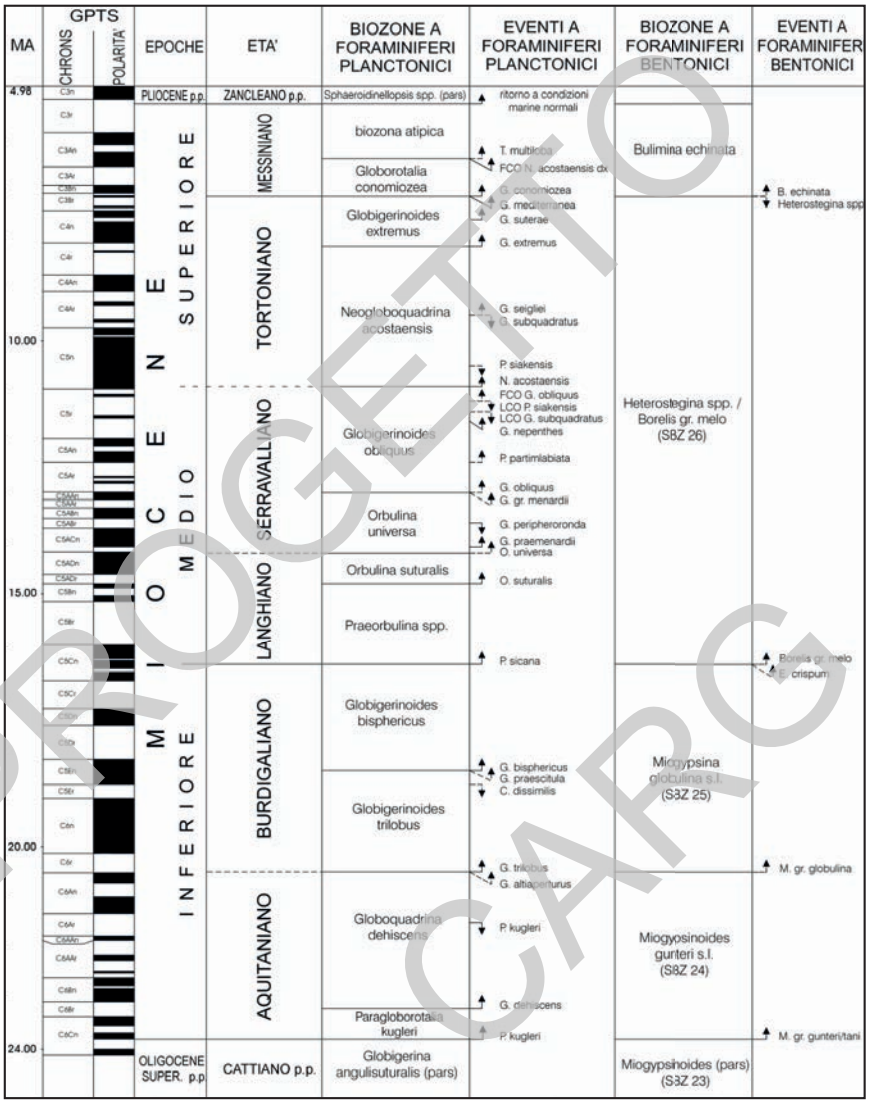


Fig. 5 - *Schema stratigrafico del Miocene. Magnetostratigrafia (GPTS) da* Cande & Kent *(1995). Biocronologia e cronostratigrafia da* Berggren et alii *(1995), da* Sprovieri et alii *(1996). I limiti cronostratigrafici tratteggiati corrispondono a limiti in via di ridefinizione. Biozone a foraminiferi planctonici da* Micarelli & Potetti *(1985) in parte modificate; biozone a foraminiferi bentonici da* Cahuzac & Poignant *(1997) e da* Crescenti et alii *(1969). Il tratteggio in corrispondenza dei bioeventi corrisponde a dati biocronologici incerti.*

PROGETTO CARG

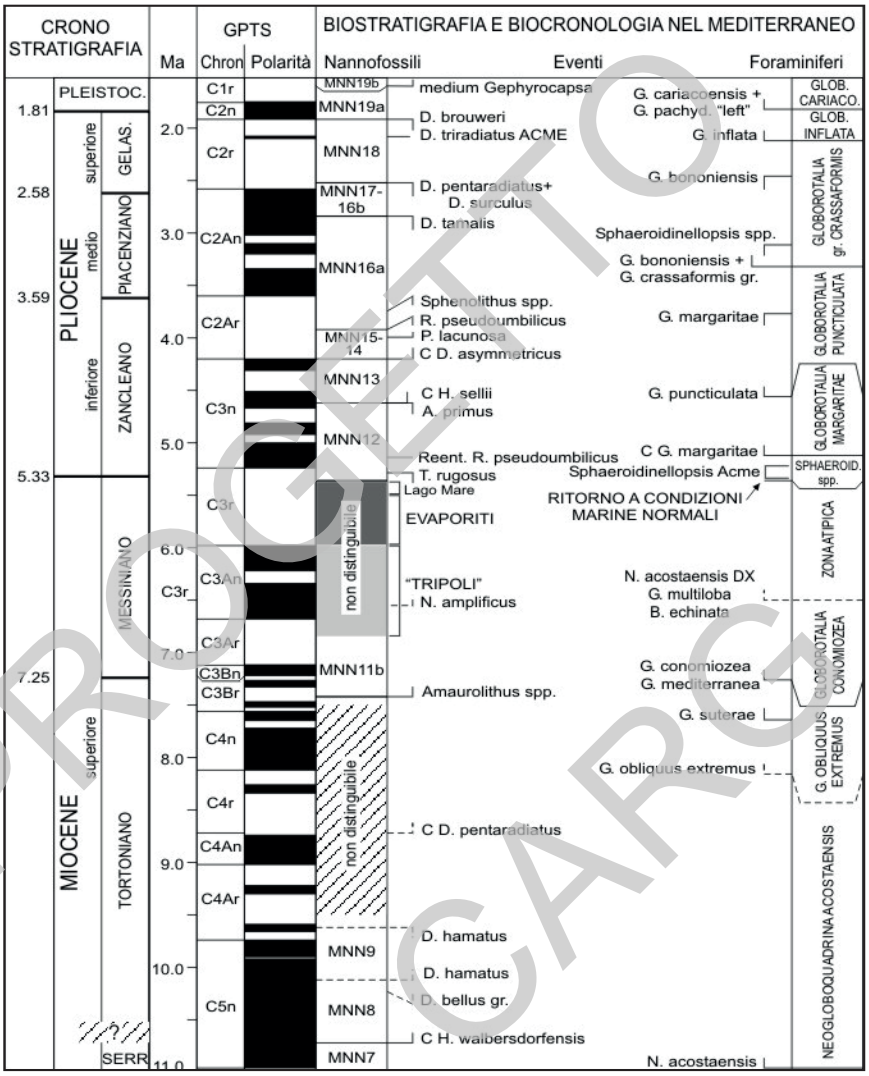


Fig. 6 - *Schema bio-cronostratigrafico a plancton calcareo del Mio-Pliocene nel Mediterraneo. Correlazioni con la scala della Polarità Magnetica (GPTS), a scala cronostratigrafica e la biozone a foraminiferi planctonici. Da* Fornaciari et alii *(1996),* Raffi et alii, *in* Berggren *(1995). Le linee tratteggiate in corrispondenza dei bioeventi indicano una valutazione biocronologica incerta. Il "?" indica che la definizione dei limiti cronostratigrafici è in fase di discussione e revisione da parte della SNS (Subcommission of Neogene Stratigraphy).*

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

VI - STRATIGRAFIA DEL SUBSTRATO

Il Foglio 402 "Ceccano" può essere suddiviso in due aree caratterizzate da successioni lito-stratigrafiche che evidenziano una diversa evoluzione meso-cenozoica degli originari ambienti sedimentari, soprattutto in termini di persistenza e/o variazione di determinate condizioni energetiche, idrodinamiche e fiosiografiche riconducibili alla localizzazione spaziale ed alla successione temporale di ambienti e sub-ambienti diversi.

Le differenze sono modeste al livello del Giurassico e del Cretacico inferiore; entrambe le aree, infatti, in tale intervallo temporale, sono caratterizzate da depositi riferibili ad un generale ambiente di piattaforma interna, sia pure con una fisiografia articolata e condizioni idrodinamiche variabili in relazione all'alternarsi di fasi di maggiore o minore "apertura" per la circolazione idrica e alle conseguenti interazioni con gli adiacenti ambiente di margine e retro-margine (fig. 7) .

Una netta differenziazione in termini litostratigrafici e paleoambientali tra le due aree si evidenzia invece al livello dell'Oligocene superiore-Miocene (fig. 8).

La diversa evoluzione sedimentaria delle due aree è stata strettamente legata alla loro diversa evoluzione tettonica; su questa base sono state identificate e distinte due unità tettonico-sedimentarie: l'Unità della Catena dei Volsci e l'Unità Simbruino-Ernica.

La locale successione dell'Unità della Catena dei Volsci (Area A) è rappresentata dal basso verso l'alto da: calcari a *Palaeodasycladus* (**CPL**); unità oolitica (**UOO**),

unità calcareo-dolomitica (**UCD**); calcari con Cladocoropsis e Clypeina (**CCM**); calcari ciclotemici a gasteropodi (**CCG**); calcari a Requienie, Caprotine e Ostreidi (**RCO**); calcari e marne a Salpingoporella dinarica e Charophite (**CMS**); calcari a Rudiste ed Orbitoline (**RDO**); calcari di Serra del Pruno (**PUO**); calcari ad Alveolinidi e dolomie laminate (**DLA**); calcari a Radiolitidi (**RDT**); complesso di Falvaterra (**VRT**), composto da un ammasso caotico in cui si distinguono lembi della successione del Torrente Ausente, costituita dal basso vero l'alto dall'Unità di Pulcherini, arenarie di Sollacciano e argille della Madonna di Coriano. La locale successione dell'Unità Simbruino-Ernica (Area B) è invece così rappresentata dal basso verso l'alto: calcari ciclotemici a Gasteropodi (**CCG**); calcari a Rudiste ed Orbitoline (**RDO**); calcari di Serra del Pruno (**PUO**); calcari ad Alveolinidi e dolomie laminate (**DLA**); calcari a Radiolitidi (**RDT**); calcareniti a Briozoi (**CBZ$_3$**); unità argilloso-marnosa (**UAM**); formazione di Frosinone (**FFS**).

La formazione di Monte San Giovanni Campano (**MVP**), i conglomerati di Colle Grande (**PGC**) e la formazione di S. Ambrogio sul Garigliano (**SBG**), che chiude la sedimentazione marina nell'area studiata, affiorano in entrambe i settori. Le unità litostratigrafiche saranno descritte di seguito secondo un ordine cronologico iniziando dalla più antica affiorante e, secondo un ordinamento fisiografico, dalle unità di piattaforma interna a quelle di margine, a quelle di rampa-scarpata prossimale, a quelle di bacino-scarpata s.l. sino ai depositi sinorogenetici, tardo-postorogenici e a quelli continentali quaternari.

1.- DEPOSITI PRE-OROGENICI

1.1. - Successione mesozoica di piattaforma carbonatica interna
(*Litostratigrafia:* P. Di Manna & F. Fumanti; *Biostratigrafia:* M. Chiocchini)

1.1.1.- *Calcari a Palaeodasycladus* (**CPL**)

L'unità, affiorante esclusivamente nell'area A e limitatamente all'estremità sudorientale del Foglio 402 "Ceccano", è costituita da calcari bianchi di tipo *mudstones* in strati medi cui seguono calcari grigi e nocciola, con tessiture variabili da *mudstones* a *packstones*, con intercalazioni di *grainstones* e *rudstones* ad ooidi, *floatstones* bioclastici, calcari dolomitici e rare dolomie giallastre.

Verso l'alto s'individuano calcari micritici talora lievemente marnosi, di colore dal rossastro o verdognolo, associati a intercalazioni marnose di colore bruno, sottilmente stratificate e fissili, ed esili livelli conglomeratici con matrice marnoso-argillosa verdastra. Gli strati calcarei presentano abbondante contenuto bioclastico, costituito principalmente da Brachiopodi ed Ostreidi, che assumono particolare evidenza nella parte alta dell'unità, come espressione della caratteristica

PROGETTO CARG

"facies a Lithiotis", evidenziata da figure spatiche lentiformi e nastriformi sulle testate degli strati, riferibili a Ostreidi, tra cui *Lithiotis problematica* Gümbel. Sono inoltre presenti *Isognomon sp. Pinna sp., Megalodontidae*, Brachiopodi.

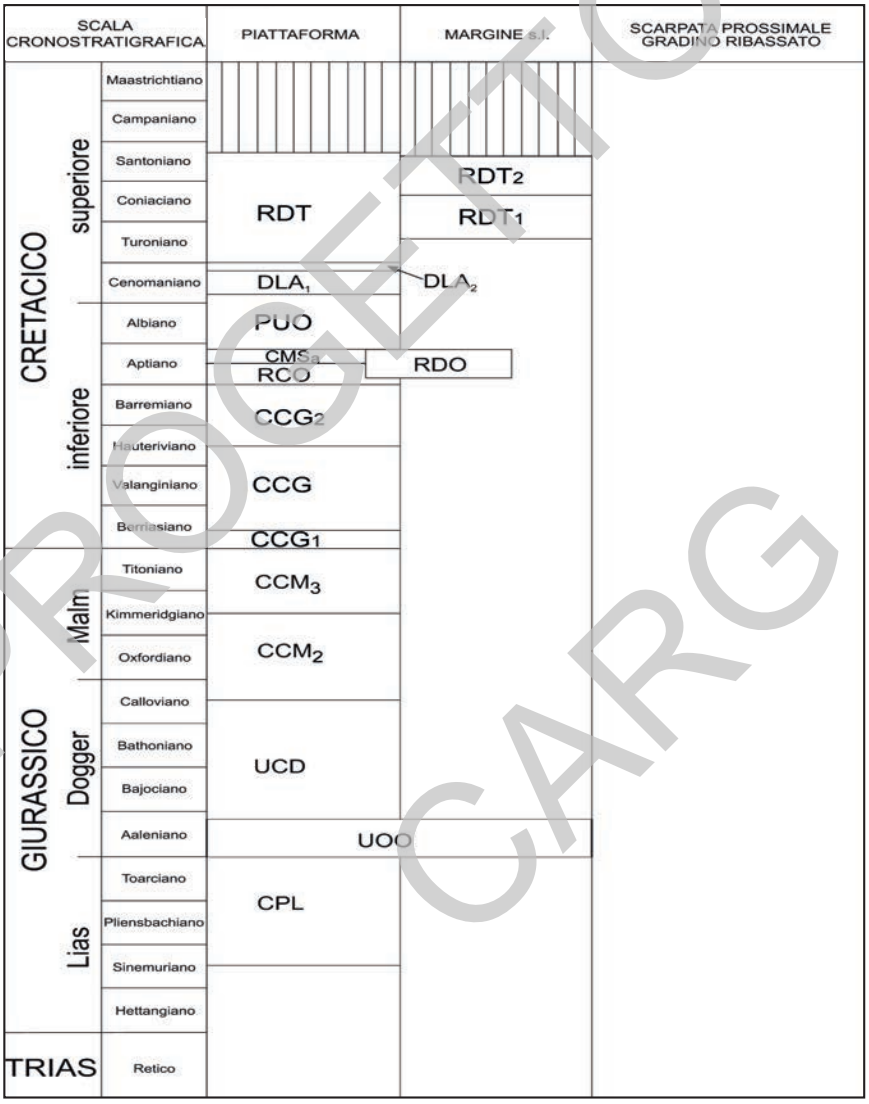


Fig. 7 - *Schema dei rapporti cronostratigrafici tra le unità litostratigrafiche mesozoiche affioranti nel Foglio 402 "Ceccano".*

PROGETTO CARG

La stratificazione si mantiene sempre regolare, in strati medi e subordinatamente sottili.

L'ambiente di sedimentazione è quello tipico di piattaforma interna, caratterizzata prima da condizioni idrodinamiche favorevoli alla diffusione e dispersione floristica, poi da una generale tendenza a condizioni lagunari, talora con circolazione ristretta ed episodi di emersione.

La "facies a Lithiotis" trova l'analogo fisiografico attuale nelle aree lagunari di piattaforma carbonatica, bordate da *tidal flat* e paludi, protette da *barrier island complex* e incise da una rete meandriforme di canali tidali. In questo contesto i *Lithiotis* occuperebbero la stessa nicchia ecologica di Mitili e Ostriche che si insediano di preferenza in zone in cui le correnti tidali sono piuttosto forti, come il bordo dei canali nella zona intertidale o a debole profondità, in modo da essere ripulite dei *fecal-pellets* e che, *post mortem*, possono essere dispersi (Bosellini, 1992). Accanto a strati con *Lithiotis* disposti verticalmente o caoticamente, interpretabili come piccole colonie *in situ*, s'individuano banchi con *Lithiotis* disposti parallelamente alla stratificazione, interpretabili come *channel lag* o come riempimenti di piccole depressioni.

Tale unità affiora solamente alla base del versante orientale di Monte Cisterna, nell'area di Casa Zingarella (settore meridionale del Foglio), dove presenta una potenza massima di circa 50 metri, sebbene caratterizzata da una ridotta continuità stratigrafica al suo interno per la la presenza di contatti tettonici tra una porzione della successione riferibile al Lias inferiore ed una porzione al Lias medio-superiore. La base dell'unità non è osservabile per la presenza di un contatto tettonico; anche il contatto con l'unità soprastante non è particolarmente evidente a causa delle poco favorevoli condizioni d'affioramento, per effetto dell'intensa tettonizzazione del settore e della presenza di depositi di copertura.

L'elevato contenuto floristico e faunistico, rappresentato principalmente da *Palaeodasycladus mediterraneus* (Pia), *Orbitopsella praecursor* (Gumbel), *Amiziella amizi* Henson, *Siphovalvulina variabilis* Septfontaine, *Aeolisaccus dunningtoni* Elliott, *Lituosepta recoarensis* (Cati), *Lituosepta termieri* Hottinger, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri), *Duotaxis metula* Kristan, *Meandrovoluta asiagoensis* Fugagnoli, Giannetti & Rettori, *Meandrospira asiagoensis* Fugagnoli, Giannetti & Rettori, Dasycladacee e Coriacee, permette di riferire l'unità alla biozona a *Palaeodasycladus mediterraneus*.

Sinemuriano superiore *p.p.*-Toarciano

1.1.2. - *Unità oolitica* (**UOO**)

L'unità oolitica è costituita da calcari oolitici da lievemente a fortemente dolomitizzati, di colore bianco, talvolta rosato per effetto di alterazione secondaria,

PROGETTO CARG

in strati medi (40÷100 cm). Le ooliti, con struttura interna tangenziale a lamelle concentriche, si sono formate in un ambiente regolato da elevato idrodinamismo, quali le aree di margine, con bassi fondali spazzati da forti correnti tidali. Pur tuttavia, l'assenza di strutture sedimentarie caratteristiche non consente l'attribuzione dell'unità in esame ad un ambiente di margine, ma fa propendere nel considerare questo tipo di deposito come conseguenza del rimaneggiamento di sabbie oolitiche dei settori marginali e della conseguente ridistribuzione nei settori lagunari e peritidali, con la formazione dei classici *washover fan* o *storm washover*. Ad ogni modo tali depositi evidenziano certamente una condizione di generale apertura della circolazione idrica, che segue la fase di restrizione e parziale chiusura della "facies a Lithiotis".

L'unità ha una potenza in affioramento valutabile attorno ai 40÷50 metri ed è presente esclusivamente nel settore sud-orientale del Foglio (Area A), in affioramenti di ridotta estensione sul versante orientale di Monte Cisterna, a sud-est di Campo la Corte (sud di Pico) e sul versante orientale di Monte la Coronella (est di Pico). Il limite inferiore non è chiaramente osservabile, mentre il passaggio all'unità superiore è transizionale e caratterizzato da una progressiva riduzione del contenuto oolitico.

Il contenuto fossilifero è ridotto, limitato al nucleo delle ooliti, e non molto significativo. In massima parte è costituito da resti di Echinodermi e Molluschi, a cui si associano coproliti (*Favreina* sp.) e raramente *Nodosariidae, Valvulinidae, Textulariidae* ed Ostracodi. Ciò consente l'attribuzione alla biozona ad *Echinodermata,* Mollusca e *Favreina.* Sulla base della posizione stratigrafica e dell'età dei depositi soprastanti, è possibile riferire l'unità all'Aaleniano *p.p.,* anche in accordo con le datazioni eseguite in settori limitrofi (Chiocchini & Mancinelli, 1977).

Aaleniano *p.p.*

1.1.3. - *Unità calcareo-dolomitica* (**UCD**)

L'unità è caratterizzata nella parte inferiore e media da prevalenti calcari bianchi e avana cui s'intercalano calcari dolomitici e subordinatamente dolomie saccaroidi biancastre.

I calcari presentano tessiture fango-sostenute e granulo-sostenute, con netta prevalenza di queste ultime. I litotipi granulo-sostenuti sono costituiti da calcari oolitici, pseudoolitici (*botroidal lump* e *grapestone*), e talvolta a prevalente componente bioclastica ed intraclastica. La frazione bioclastica è costituita da frammenti di Alghe calcaree, di Coralli, di Echinodermi, di Gasteropodi e Bivalvi. Sporadicamente si rinvengono livelli ruditici, costituiti da elementi clastici di dimensioni centrimetriche e tessitura micritica. Nella parte media, calcari bianchi,

PROGETTO CARG

in strati spessi, presentano un'elevata concentrazione di noduli algali, anche di grosse dimensioni, associati ad intraclasti micritici sub-arrotondati ed elementi bioclastici.

La stratificazione è ben evidente, da strati medi a spessi fino a molto spessi, organizzati in cicli peritidali a scala metrica, con netta prevalenza dell'intervallo subtidale e ridotta presenza sia dell'intervallo residuale basale che dell'inter-sopratidale. Ridotte e con scarsa continuità laterale sono le superfici d'emersione ed i livelli con laminazioni o con porosità fenestrale; del tutto assenti le laminazioni stromatolitiche.

La porzione superiore è invece caratterizzata da un netto aumento delle tessiture fango-sostenute, *mudstones* e *wackestones*, rispetto alle tessiture granulo-sostenute e da una ridotta presenza della componente oolitica. Calcari avana e nocciola, in strati medi, a cui s'intercalano livelli di *packstones* e *grainstones* intraclastici e bioclastici con piccoli Coralli ed Alghe calcaree, si alternano con calcari dolomitici e dolomie grigio scuro. La componente dolomitica diventa più abbondante che nella porzione inferiore-media dell'unità; la stratificazione è prevalentemente media, compaiono superfici di emersione e sottili livelli arrossati paleocarsici.

Tale unità affiora in modo esteso sul versante orientale di Monte la Coronella, ed in modo meno significativo alla base del versante SE di Morrone Ireci. A NW di Pico si individuano altri affioramenti caratterizzati da pieghe e sovrascorrimenti, con tratti di serie rovesciata; ciò rende più difficile la ricostruzione dei rapporti stratigrafici. La potenza complessiva dell'unità è stimata in circa 300 metri, anche sulla base del confronto con successioni più continue e tettonicamente meno disturbate, affioranti nei Monti Aurunci meridionali, in prossimità dell'area costiera di Formia, poco a SE dell'area del Foglio 402 "Ceccano".

La porzione inferiore e media dell'unità rappresenta la sedimentazione in un ambiente di piattaforma interna con un regime idrodinamico piuttosto accentuato, probabilmente dovuto all'assenza di margini biocostruiti, a protezione d'aree lagunari, ma costituiti da banchi e cordoni sabbiosi bioclastici ed oolitici. Questo fa sì che a sedimenti lagunari si aggiungano, in occasione di mareggiate, apporti detritici dalle barre sabbiose antistanti ed intervengano forti rimaneggiamenti degli stessi sedimenti subtidali. Le particolari condizioni energetiche sono probabilmente responsabili anche della scarsa diversità biotica, al livello di macrofossili. I macrofossili sono costituiti da grossi Bivalvi spatizzati, frammenti di Gasteropodi ed Echinodermi che spesso costituiscono il nucleo di frequentissime *algal balls*.

La porzione superiore è invece espressione di un regime idrodinamico più attenuato, con ambiente di sedimentazione dominato da condizioni subtidali con escursioni periodiche verso l'intertidale e sporadiche verso il sopratidale.

PROGETTO CARG

Il contenuto paleontologico è costituito da *Bosniella croatica* Gusic, *Favreina salevensis* Parejas, *Siphovalvulina variabilis* Septfontaine, *Hedstroemia moldavica* Dragastan, *Hedstroemia jurassica* Dragastan, *Callorbis minor* Wernli & Metzger, *Thaumatoporella parvovesiculifera* Raineri, *Aeolisaccus dunningtoni* Elliot, *Protopeneroplis striata* Weynschenk, *Selliporella donzellii* Sartoni & Crescenti, *Paleopfenderina salernitana* Sartoni & Crescenti, *Paleopfenderina trochoidea* Smout & Sugden, *Satorina apuliensis* Fourcade & Chorowicz, *Macroporella sellii* Crescenti, *Redmondoides lugeoni* Septfontaine, *Redmondoides minutus* Redmond, *Redmondoides medius* Redmond, *Pfenderella arabica* Redmond, *Praekurnubia crusei* Redmond, *Kurnubia cf. variabilis* Redmond, *?Bosniella fontainei* Bassoullet, *Favreina* sp., *Gaudryina* sp., *Ammobaculites* sp., *Salpingoporella* sp., *Rivulariacea*, *Dasycladaceae*, *Ostracoda*, *Anthozoa, Gastropoda, Echinodermata*. L'unità comprende le biozone a *Bosniella croatica*, *Siphovalvulina variabilis, Paleopfenderina salernitana*, e la porzione iniziale della biozona a *Kurnubia gr. palastiniensis,* sebbene, in affioramento, sia per la massima parte rappresentata dalla biozona a *Siphovalvulina variabilis.*

Aaleniano superiore *p.p.* - Calloviano inferiore *p.p.*

1.1.4. - *Calcari con Cladocoropsis e Clypeina* (**CCM**)

Nell'unità in esame, che affiora solamente nell'area A, sono stati distinti due membri, inferiormente il membro di Monte Cisterna (**CCM_2**) ed superiormente il membro di Monte La Coronella (**CCM_3**)

- Membro di Monte Cisterna (**CCM_2**)

Tale membro è costituito da calcari avana e nocciola prevalentemente fangosostenuti di tipo *mudstones-wackestones,* talora lievemente marnosi, con sporadiche intercalazioni di *packstones* e calcari dolomitici, mentre pressoché assenti sono le dolomie. La stratificazione è ben evidente; lo spessore degli strati è variabile da 30 cm ad 1 metro. Il membro in questione è caratterizzato da una elevata abbondanza di *Cladocoropsis mirabilis* Felix, talora sotto forma di accumuli biostromali (area di Morrone Ireci), facilmente individuabili sul terreno. Sulla superficie della roccia, esposta agli agenti atmosferici, spiccano oltre che per esserne lievemente rilevati, anche per il colore biancastro e per i contorni circolari o ellittici delle sezioni trasversali, o nastriformi lievemente sinuosi, delle sezioni longitudinali.

La base dell'unità (osservabile in località Pozzo Terracina) è posta in corrispondenza di strati calcareo-dolomitici da spessi a massivi, caratterizzati dalla presenza di fossili problematici, generalmente attribuiti a spongiomorfidi, simili a *Cladocoropsis* come struttura, ma di forma irregolare e dimensioni alquanto maggiori (anche alcuni centimetri).

PROGETTO CARG

La deposizione è avvenuta in ambiente di laguna, con idrodinamismo non troppo elevato, ma comunque favorevole allo sviluppo degli Idrozoi. Nettamente dominanti sono le *litofacies* subtidali e solo sporadiche le oscillazioni verso l'inter ed il sopratidale. Nel settore di Morrone Ireci le associazioni faunistiche presenti sembrano suggerire condizioni di piattaforma interna, tendente al retromargine.

Tale membro affiora estesamente nel settore sud-orientale del Foglio (Area A). In particolare, affioramenti meglio esposti sono presenti sul versante meridionale di Monte Mandrone e sul versante orientale di Morrone Ireci, a Monte la Coronella, Monte Cisterna, nell'area di Monte Vaglia e sul versante nord-orientale di Montenero. La potenza complessiva stimata è dell'ordine di 300 m.

Il contenuto microfossilifero è rappresentato da: *Cladocoropsis mirabilis* Felix, *Thaumatoporella parvovesiculifera* Raineri, *Kurnubia palastiniensis* Henson, *Macroporella selli* Crescenti, *Praekurnubia crusei* Redmond, *Kurnubia variabilis* Redmond, *Pfenderella arabica* Redmond, *Kurnubia palastiniensisi* Henson, *Aeolisaccus incostans* Radoicic, *Pseudomarssonella cf. maxima* Redmond, *Redmondoides lugeoni* Septfontaine, *Redmondoides medius*, *Siphovalvulina variabilis* Septfontaine, *Salpingoporella cf. croatica* Sokac, *Griphoporella minima* Nikler & Sokac, *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Verneuilina pharaonica* Said, *Ophthalmiididae*, *Redmondoides* sp., *Ostracoda, Dasycladaceae, Gastropoda.*

Il membro comprende interamente la subzona a *Cladocoropsis mirabilis* e si estende per gran parte della biozona *Kurnubia gr. palastiniensis.*

Calloviano inferiore *p.p.*- Kimmeridgiano superiore *p.p.*

- *Membro di Monte la Coronella* (**CCM$_3$**)

La parte inferiore è costituita da calcari a tessiture *mudstones-wackestones*, bianchi ed avana, in strati con spessori 70÷100 centimetri, con intercalazioni di *packstones* intraclastici e *grainstones* a *grapestones*. La base del membro è segnata da livelli silicizzati di spessore decimetrico, con discreta continuità laterale. Tali livelli mostrano particolare evidenza nell'area di Monte la Coronella, dove abbondante materiale selcifero è associato a livelli conglomeratici e marnoso-argilloso ocracei e verdognoli. Nella parte intermedia sono prevalenti *mudstones* e *wackestones* nocciola a stratificazione media, con intercalazioni di calcari marnosi maculati, in strati sottili, e livelli marnosi rossastri, di spessore centimetrico localmente conglomeratici con presenza di Characee. Seguono verso l'alto, dapprima calcari granulo-sostenuti, localmente dolomitizzati, bianchi ed avana, in strati di 70÷100 centimetri, poi calcari tipo *wackestones* e calcari dolomitici in strati medi, bioturbati, alternati a dolomie laminate in strati di 10÷30 centimetri. Tali alternanze sono seguite da calcari tipo *mudstones* bianchi e *wackestones-packstone* a Gasteropodi, in strati di 70÷100 cm, che nella parte alta presentano superfici di emersione, cavità paleocarsiche con riempimenti ed

PROGETTO CARG

incrostazioni ferruginose. Tali orizzonti sono ben esposti alla base del versante a monte dell'abitato di Sant'Oliva, e potrebbero rappresentare la discontinuità di sedimentazione che segna il passaggio Giurassico-Cretacico, così come individuato in altri settori dell'Appennino centrale.

Il passaggio all'unità sovrastante è transizionale e marcato da un incremento delle superfici d'esposizione sub-aerea e di riempimenti paleocarsici.

Le strutture sedimentarie sono poco evidenti nella porzione inferiore del membro in esame, costituita da prevalenti depositi subtidali; per contro esse diventano caratteristiche nella porzione medio-superiore. Infatti i depositi mostrano chiara organizzazione in cicli peritidali, con bioturbazione dell'intervallo subtidale, laminazione e tracce di emersione dell'inter-sopratidale.

I livelli selciferi che caratterizzano la base di tale membro potrebbero derivare dalla rielaborazione in sede diagenetica della silice presente nei livelli argilloso-marnosi, cui le lenti selcifere passano superiormente. Probabilmente per la formazione della selce ha avuto un ruolo importante un meccanismo di pressione osmotica: la formazione di microambienti con elevate concentrazioni di SiO_2 ne ha favorito l'ulteriore concentrazione, agendo da richiamo per la silice presente nell'ambiente circostante. Va però notato che, considerando l'età dei livelli silicizzati, è evidente la possibilità di correlazione con i Calcari diasprigni umbro-marchigiani. Ciò potrebbe essere messo in relazione con un generale incremento della concentrazione di silice nelle acque, connessa con attività vulcanica sottomarina, in relazione con le fasi di "oceanizzazione" della Tetide.

Il membro è caratterizzato dalla presenza di *Clypeina jurassica* Favre, localmente molto abbondante; in località Morrone Ireci *Clypeina jurassica* si presenta eccezionalmente associata a *Cladocoropsis mirabilis*. Ciò consente di estendere la presenza stratigrafica di *Cladocoropsis mirabilis* Felix almeno fino al Kimmeridgiano superiore *p.p.*.

Nel complesso l'ambiente di sedimentazione è quello di una piattaforma interna relativamente tranquilla, con escursioni sub-inter e sopratidali e con l'alternarsi di fasi di maggiore o minore apertura. La presenza di *Clypeina* richiede buona circolazione e vicinanza con il mare aperto (Carozzi, in Neviani, 1960), mentre i livelli a Characee testimonierebbero ambiente lacustre-palustre e prossimità delle terre emerse. Del resto, livelli a Characee nel Malm superiore sono stati segnalati da De Castro (1962) nei Monti Lattari, nella Marsica nord-orientale ed attribuiti a "*minimum* di profondità, conseguenza di una fase di sollevamento in atto o di arresto della subsidenza". Con questa fase di sedimentazione sono da mettere in relazione anche i resti di conifere fossili, segnalati da Praturlon (1965) nei Monti Lepini, localizzati nel settore ad NW fuori dal Foglio 402 "Ceccano". Il quadro farebbe pensare dunque a condizioni generalizzate di restrizione ambientale per il Malm superiore, almeno a livello regionale.

PROGETTO CARG

L'unità affiora con continuità nel settore sud-orientale del Foglio (Area A) e presenta una potenza di circa 120÷150 metri.

Il contenuto fossilifero è rappresentato principalmente da *Kurnubia gr. palestiniensis*, *Siphovalvulina variabilis*, *Clypeina jurassica*, *Verneuilina cf. pharaonica*, *Favreina salevensis* Parejas, *Salpingoporella annulata* Carozzi, *Campbelliella striata* Carozzi, Ostracoda, Echinodermata e permette di attribuire il membro in esame alla biozona a *Clypeina jurassica.*

Kimmeridgiano superiore *p.p.*- Titoniano

1.1.5. - *Calcari ciclotemici a Gasteropodi* (**CCG**)

Tale formazione affiora solamente nell'area A ed è costituita da prevalenti calcari e calcari dolomitici fangosostenuti bianchi, regolarmente stratificati in strati da medi a spessi e molto spessi, con intercalazioni di calcari tipo *packstones* e *grainstones* bioclastici ed intraclastici. Le litofacies sono organizzate in sequenze *shallowing-upward* a scala metrica. I cicli presentano intervalli subtidali costituiti da strati medi di *packstones* e *grainstones* fini bioclastici ed intraclastici con Alghe e Foraminiferi, e strati spessi e molto spessi di *mudstones-wackestones* bianchi a peloidi, con Gasteropodi, Brachiopodi e bioturbazione. Localmente i calcari tipo *mudstones* presentano tessitura molto fine e mostrano frattura concoide e scagliosa. Gli intervalli inter-sopratidali sono rappresentati da calcari e calcari dolomitici laminati, stromatolitici e localmente con porosità fenestrale. La bioturbazione e le laminazioni stromatolitiche sono esaltate dalla dolomitizzazione selettiva e pertanto sono molto evidenti. Sporadica la presenza di superfici d'esposizione subaerea e paleocarsismo; talvolta si osservano intercalazioni di *wackestones-packstone* particolarmente ricche di Nerineidi, Brachiopodi ed oncoliti, probabilmente attribuibili a corpi canalizzati.

La deposizione può essere riferita ad un ambiente di laguna con buona circolazione idrica ed ossigenazione, favorevole allo sviluppo faunistico, con oscillazioni inter-sopratidali e ridotte fasi di emersione. Inoltre la frequente mancanza nei cicli peritidali dell'intervallo residuale basale (LAG, *sensu* Gisburg, in Bosellini & Hardie, 1985), potrebbe indicare un ambiente subtidale con fondo al di sotto del livello di base delle onde di tempesta, o una sedimentazione nella parte più interna della piana tidale dove il reticolo dei canali risulta meno sviluppato.

Nel settore meridionale del Foglio, area compresa tra Pico, Lenola, Castro dei Volsci, Vallecorsa, Amaseno, Falvaterra, si assiste ad una riduzione del contenuto bioclastico a Gasteropodi, mentre i sedimenti subtidali sono costituiti da prevalenti dolomicriti bioturbate. Inoltre accanto ai tipici cicli peritidali tripartiti s'individuano cicli incompleti, che evidenziano la progradazione di sistemi tidali con una fisiografia variabile ed articolata.

PROGETTO CARG

Lo spessore massimo valutabile di (**CCG**) si aggira attorno ai 150 metri.

In tale unità sono stati distinti due membri uno basale, membro dolomitico **CCG_1** ed un membro superiore, membro calcareo-dolomitico **CCG_2**.

Il membro dolomitico (**CCG_1**) affiorante alla base della formazione solamente nell'area A, è costituito da dolomie saccaroidi giallastre e verdognole, generalmente mal stratificate e massive, tali da originare ripide pareti o picchi isolati tra la vegetazione. Le condizioni di esposizione del membro in questione non sono in genere molto favorevoli all'osservazione; inoltre l'intensa dolomitizzazione ha in gran parte obliterato i caratteri sedimentologici e le strutture sedimentarie originarie. Ad ogni modo è possibile osservare un'organizzazione delle *litofacies* in sequenze *shallowing upwards* a scala metrica. Nell'area di Monte Mandrone il membro è rappresentato da dolomie saccaroidi bianche e grigie, grossolane, in strati molto spessi, con intercalazioni di calcari fango-sostenuti biancastri e *floatstones* a Gasteropodi.

La presenza di laminazioni algali e superfici erosionali consente di ipotizzare un ambiente peritidale con continue variazioni verso l'inter-sopratidale. Lo spessore massimo in affioramento è stato valutato nell'ordine dei 50 -70 m.

Il membro calcareo - dolomitico (**CCG_2**) affiora in entrambe le aree A e B. In modo transizionale i calcari ciclotemici a Gasteropodi passano verso l'alto al membro calcareo-dolomitico. Il passaggio è segnato dalla comparsa di livelli a Diceratidi e Requienidi, accanto ai Gasteropodi, dal progressivo aumento della presenza di *litofacies* dolomitizzate, di livelli laminati e di superfici d'emersione e da una riduzione dello spessore degli strati.

Nel complesso il membro è caratterizzato da prevalenti calcari *mudstones* e *wackestones* grigi e nocciola in strati medi e spessi, con livelli di *packstones* e *grainstones* bioclastici a Requienidi e Gasteropodi. Nella parte inferiore del membro (per circa 60÷70 metri) si intercalano, fino a divenire prevalenti, calcari dolomitici, dolomie microcristalline massive e laminate, bancate di dolomie saccaroidi, in quella superiore le dolomie sono meno presenti e per lo più limitate a crostoni sopratidali, mentre divengono caratteristici i frequenti livelli argillosi-marnosi verdastri e ocracei.

La porzione inferiore appare chiaramente organizzata in cicli peritidali a scala metrica, che mostrano in genere la tripartizione LAG-TRAP-CAP (*sensu* Ginsburg, in Bosellini & Hardie, 1985).

Nelle sequenze in esame il LAG è costituito da *packstones* e *grainstones* bio-intraclastici, e talvolta veri *rudstones* a Requienidi e Gasteropodi. Il TRAP è rappresentato da strati spessi di dolomie microcristalline, bioturbate, con bioturbazione molto evidente in quanto esaltata da dolomitizzazione selettiva. Probabilmente ciò è dovuto al fatto che le tracce prodotte dall'intensa attività degli organismi bioturbatori, in quanto riempite di materiale a diversa porosità rispetto ai sedimenti incassanti, rappresentano delle vie preferenziali alla diffusione dei fluidi dolomitizzanti.

PROGETTO CARG

Il CAP è l'unità sopratidale ed è principalmente rappresentato da *laminitic CAP*, costituito da laminazioni algali e meccaniche, fanghi poligonali, brecce a frammenti piatti e porosità fenestrale (*fenestrae*, *birds eye, sheet crack).*

Non mancano, però cicli caratterizzati da *diagenetic* CAP (Bosellini & Hardie, 1985), in cui due unità subtidali sono a contatto tramite un livello pedogenetico arrossato o una superficie ondulata paleocarsica. Essi rivelano una diretta esposizione subaerea delle facies subtidali, durante differenti condizioni climatiche. Infatti in clima caldo-umido con intense precipitazioni la dissoluzione e il dilavamento procedono molto rapidamente e si formano superfici paleocarsiche, mentre in condizioni climatiche semiaride è favorita la formazione di *calcrete crusts* (Farinacci & Ridolfi, 1995).

La porzione superiore del membro in esame è prevalentemente calcarea a *mudstones* e *wackestones* nocciola e grigi si alternano calcari dolomitici e meno frequenti dolomie. Le strutture sedimentarie rimangono quelle già descritte, testimoniando una sedimentazione tipica di piana tidale. Si osserva però un'incremento delle superfici di esposizione subaerea, e spesso l'intervallo sopratidale è marcato da livelli argillosi verdastri od ocracei, talvolta con Characee*;* ciò indicherebbe condizioni di circolazione ristretta.

Gli episodi argillosi diventano particolarmente frequenti verso la sommità del membro in esame e testimonierebbero la formazione di ambienti protetti, come stagni, o aree più interne prossime alle terre emerse. In alcuni casi i livelli argillosi mostrano un aspetto varvato con alternanza di strati millimetrici bianchi (più spessi e calcitici) e strati verdi (più sottili e argillosi): essi potrebbero essere il risultato della deposizione estiva (strati bianchi) e invernale (strati verdi), in bacini lacustri a clima caldo umido (Scoffin, 1988).

Sporadicamente si rinvengono livelli calcareo-dolomitici neri bituminosi, che potrebbero essere espressione di sedimentazione in settori del *tidal flat* dove si raggiungono condizioni di circolazione molto ristretta e al limite euxiniche. Il membro ha una potenza complessiva di 150 m.

Nel membro basale **CCG_1** i processi di dolomitizzazione hanno cancellato i caratteri paleontologici; lo scarso contenuto floristico e faunistico rilevato nei livelli a ridotta dolomitizzazione è rappresentato da *Siphovalvulina variabilis*, *Istriloculina* sp.*, Siphovalvulina* sp.*,* Dasycladaceae, Ostracoda, Gastropoda; esso non consente una datazione accurata, ma la semplice attribuzione del membro al Cretacico inferiore basale, per contro sulla base dei rapporti con i depositi sovrastanti e sottostanti è possibile riferire il membro alla parte iniziale del Berriasiano inferiore.

Nei calcari ciclotemici a Gasteropodi (**CCG**) le macrobiofacies sono complessivamente costituite da prevalenti Gastropoda (tra i quali Nerineacea), Echinodermata e rari Hydrozoa, mentre tra i microfossili bentonici sono presenti *Favreina salevensis*, *Salpingoporella annulata*, *Actinoporella podolica* (Alth),

PROGETTO CARG

Siphovalvulina variabilis, *Praechrysalidina infracretacica* Luperto-Sinni, *Campbelliella striata*, *Pseudoactinoporella cf. fragilis* Conrad, *Montsalevia salevensis* Charollais, Bronnimann & Zaninetti, *Trocholina* sp., *Istriloculina* sp., *Siphovalvulina* sp, Miliolidae, Dasycladaceae, Ostracoda, Charophyta.

Questa associazione permette di riferire **CCG** alla biozona a *Favreina salevensis* e *Salpingoporella annulata.*

Nel membro superiore **CCG_2**, accanto ai livelli biostromali a Requienidi e Gasteropodi, l'analisi paleontologica ha evidenziato un'associazione a Miliolidae, Dasycladaceae, *Sabaudia minuta* (Hofker), *Cuneolina camposauri* Sartoni & Crescenti, *Praechrysalidina infracretacica*, *? Cuneolina scarsellai* De Castro, *Campanellula capuensis* (De Castro), *Bolivinopsis rhopaloides* Arnaud-Vanneau, *? Clypeina solkani* Conrad & Radoicic, *Salpingoporella cf. verrucosa* Sokac, *Lithocodium aggregatum* Elliott, *Moesiloculina scythica* (Neagu), *Trochamminoides coronus* Loeblich & Tappan, *Belorussiella* sp., *Cylindroporella* sp., *Favreina* sp., *Valvulineria* sp., *Mayncina* sp., Anthozoa, Dasycladaceae. Tale associazione consente di riferire il membro in esame alla biozona a *? Cuneolina scarsellai* e *Cuneolina camposauri.* Il membro è riferibile allo Hauteriviano *p.p.*- Barremiano.

Pertanto l'età dell'intera unità si estende dal Berriasiano al Barremiano.

1.1.6. - *Calcari a Requienie, Caprotine e Ostreidi* (**RCO**)

L'unità è costituita, alla base, da *packstones* e *grainstones* bioclastici bianchi e avana, cui seguono prevalenti *floatstones* a molluschi, in strati da spessi a molto spessi, che formano il corpo centrale dell'unità, con sporadiche intercalazioni di *wackestones* a Foraminiferi ed Alghe calcaree. Le macrocomunità bentoniche sono rappresentate da Caprotine, Caprine e da prevalenti Requienidi ed Ostreidi, che talvolta costituiscono dei veri accumuli biostromali.

La presenza di ricche macrocomunità bentoniche farebbe pensare a condizioni lagunari con idrodinamismo accentuato e prossimità alle aree marginali. Esse rivestono notevole importanza nella stratigrafia delle unità carbonatiche tetidee in quest'intervallo temporale. Rappresentano, infatti, un bioevento riconosciuto nell'intero dominio periadriatico (Sartorio, 1987; Cestari & Sartorio, 1995), probabilmente legato alla trasgressione, a scala globale dell'Aptiano basale (Sartorio & Venturini, 1988; Fumanti, 1998).

Nella parte alta prevalgono calcari con tessiture *mudstones-wackestones*, con elevato contenuto micropaleontologico a Foraminiferi bentonici, Alghe e Ostracodi, mentre la macrofauna si impoverisce. Tale impoverimento, associato alle tessiture fango-sostenute, indicherebbe una progressiva fase di restrizione ambientale e quindi il passaggio da buone condizioni chimico fisiche delle acque (fase trasgressiva) a condizioni progressivamente meno favorevoli (fase regressiva).

PROGETTO CARG

L'organizzazione in strati spessi (100-150 cm) e la notevole continuità laterale, conferiscono all'unità un'elevata evidenza morfologica, con scarpate e pareti subverticali che si sviluppano lungo i versanti.

L'unità presenta spessori leggermente variabili, in media intorno ai 30÷40 metri, ed è ampiamente diffusa su tutto il Foglio.

Il contenuto macrofaunistico è rappresentato da caprotine (*Himeraelites* sp., *Glossomyophorus costatus* Masse, Skelton & Sliskovic), caprine (*Offneria italica* Masse, *O. nicolinae* Mainelli, *Offneria murgensis* Masse, *Caprina douvillei* Paquier), Requienidi ed Ostreidi.

Il contenuto micropaleontologico è costituito, tra le forme maggiormente significative, da: *Palorbitolina lenticularis* (Blumenbach), *Salpingoporella dinarica* Radoicic, *Salpingoporella patruliusi* Bucur, *Salpingoporella melitae* Radoicic, *Acroporella radoicicae* Praturlon, *Sabaudia minuta*, *Spiroloculina cf. cretacea* Reuss, *?Cuneolina scarsellai*, *Orbitolina (Mesorbitolina) parva* Douglass, *Cuneolina camposauri*, *Praechrysalidina infracretacica*, *Bacinella irregularis* Radoicic, *Trochamminoides coronus*, *Hedstroemia moldavica* Dragastan. Tale associazione permette di riferire l'unità alla parte superiore della biozona a *?Cuneolina scarsellai* e *Cuneolina camposaurii* ed alla parte iniziale della biozona a *Salpingoporella dinarica,* confermando l'attribuzione cronostratigrafica deducibile dalle ricche e caratteristiche faune a Rudiste.

Aptiano inferiore *p.p.*

1.1.7. - *Calcari e marne a Salpingoporella dinarica e Charophyte* (**CMS**)

L'unità affiora solamente nell'Area A ed è costituita totalmente da una litofacies marnosa (**CMSa**) formata da marne ed argille-marnose di colore verde ed ocra, con intercalazioni di calcari marnosi, calcari nocciola a tessitura *mudstones* e conglomerati eterometrici. Negli affioramenti ben esposti, lungo i tracciati stradali (Serra del Pruno, Monte Sordo, Monte Pota, e le carrareccie tra Pico e Campodimele e tra Lenola e Vallecorsa), l'unità si presenta in genere divisibile in una parte basale di calcari micritici e marnosi con partizioni argillose, cui segue un livello argilloso-marnoso (30-70 cm) ricchissimo d'Orbitoline, che passa a calcari marnosi e in successione a un conglomerato eterometrico, con clasti micritici in matrice argillosa. In alcune località (per esempio Fosso del Tasso, poco a S del Foglio in esame, Serra Capriola, Sant'Agata, lungo la strada Vallecorsa-Lenola, Quercia del Monaco) l'unità si presenta prevalentemente o esclusivamente conglomeratica, ed è particolarmente ricca di oogoni di Charophite. In altri settori (es. a W di Falvaterra), mancano sia le intercalazioni argillose che conglomeratiche, mentre predominano calcari fango-sostenuti scuri in strati medi e sottili, e livelli marnosi pluricentimetrici, ma l'unità è riconoscibile per l'elevata presenza di *Salpingoporella dinarica* Radoicic.

PROGETTO CARG

L'unità presenta spessori variabili, compresi tra i 15÷20 metri, ed una notevole continuità, sia pure con continue variazioni laterali di facies. Essa rappresenta un ottimo livello guida nelle fasi di rilevamento, grazie anche alla facile individuazione morfologica: alla maggiore erodibilità rispetto ai litotipi sottostanti e sovrastanti, sono associate cenge, selle e comunque morfologie più morbide dei versanti. Inoltre soprattutto sui versanti con esposizione a S e pertanto spogli ed aridi, al livello ad Orbitoline si associano fasce di vegetazione che ne consentono una rapida individuazione.

L'unità presenta caratteristiche di minore permeabilità rispetto ai litotipi carbonatici sovrastanti, pertanto favorisce la formazione di piccole sorgenti sospese, a carattere stagionale.

Tale livello dimostra la presenza di una forte restrizione ambientale nell'ambito della piattaforma, con formazione di ambienti lacustri-palustri e notevole prossimità delle aree continentali. L'evento sembra essere generalizzato all'intero dominio laziale-abruzzese, come confermato dalla presenza, nelle aree più esterne, (nel Foglio 368, "Avezzano", nel Foglio 359, "L'Aquila", nel Foglio 358, "Pescorocchiano") di brecce con clasti delle successioni sottostanti, calcari scuri, fetidi, parzialmente dolomitizzati e sottilmente stratificati, contenenti faune oligotipiche ad Ostracodi, resti di Ittioliti, piccoli Gasteropodi dulcicoli e rodoliti di probabile origine lacustre (cfr. Tucker & Wrigth, 1990), mentre nei settori di margine sono presenti tasche bauxitiche (nord di Colle Raponaglia - Foglio 358 "Pescorocchiano").

La *macrobiofacies* è generalmente assente o limitata a dei *floatstones* ad Ostreidi (M.te Faggeto a S del Foglio 402 "Ceccano").

La microfauna è caratterizzata da: *Praechrysalidina infracretacea*, *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *parva* Douglass, *Bacinella irregularis*, *Salpingoporella dinarica*, *Atopochara trivolvis* Peck, *Garwoodia fluegeli* Dragastan, *Valvulineria* sp., Miliolidae, oogoni di *Charophyta.* Tale contenuto bioclastico è indicativo dell'intervallo biostratigrafico corrisponde alla parte medio-superiore della biozona a *Salpingoporella dinarica.*

Aptiano inferiore *p.p.*

1.1.8. - *Calcari a Rudiste ed Orbitoline* (**RDO**)

Affiorano in modo non particolarmente esteso nell'area nord orientale del Foglio (Area B), lungo la Valle del F. Melfa, e sostituiscono lateralmente la parte alta calcari a Requienie, Caprotine e Ostreidi (**RCO**), ed interamente i calcari e marne a Salpingoporella dinarica e Charophyte (**CMSa**). L'unità è costituita da *grainstones* e *rudstones* biodetritici bianchi, rosati e nocciola, talora dolomitizzati, in strati da medi a spessi (fino a 2 m) e *wackestones* e *packstones* a frammenti di rudiste, in strati medi. Localmente, s'intercalano strati da sottili a medi di

PROGETTO CARG

mudstones con strutture da disseccamento e *grainstones* a peloidi.Il biodetrito è costituito da frammenti di Rudiste, Gasteropodi, Echinodermi, Bivalvi, Coralli e da Orbitoline. Queste ultime caratterizzano tipici livelli di *grainstones* bianchi e rosati, ad elementi ben arrotondati. E' presente un diffuso paleocarsismo con riempimenti policromi. Alla base, sono presenti Caprotine che diventano più rare verso l'alto, dove invece diventano frequenti le Caprine e soprattutto le Requienie, che talora si presentano in piccole colonie isolate in posizione di vita.

L'ambiente di sedimentazione è quello caratteristico di un retromargine con influenze del subtidale e del supratidale. Spessore massimo affiorante 80 m.

L'associazione micropaleontologica *Orbitolina (Mesorbitolina)* cf. *texana* (Roemer), *Palorbitolina lenticularis* (Blumenbach), *Paleodictyoconus* cf. *arabicus* (Henson), *Lithocodium aggregatum*, *Macroporella incerta* Sokac, *Rivularia lissaviensis* (Bornemann), permette di attribuire l'unità in esame alla parte superiore della biozona a *Lithocodium aggregatum* e alla base della biozona a *Orbitolina.*

Aptiano *p.p.*

1.1.9. - *Calcari di Serra del Pruno* (**PUO**)

Questa unità è, dal punto di vista stratigrafico, in parte equivalente ai calcari ciclotemici a requienie (**CIR**) dei Fogli CARG Abruzzo-Lazio, ma è stata distinta da questi perché presenta caratteristiche sensibilmente diverse, essendosi depositata in settori più interni della piattaforma.

Nell'area di Serra del Pruno, dove la serie è meglio esposta, si osserva una parte inferiore (circa 50 metri di spessore) esclusivamente calcarea, un'intermedia (circa 130 metri) calcareo dolomitica ed una superiore (per circa 50 metri) prevalentemente dolomitica. Negli altri settori analizzati la successione si presenta più uniforme. Per questo motivo non è stata ritenuta opportuna una suddivisione in membri.

Inferiormente, per uno spessore di 50 m è costituita da *mudstones* nocciola in strati sottili che passano superiormente a *packstones* e *grainstones* bioclastici con Orbitolinidi, in strati medi e spessi. La frazione bioclastica è prevalentemente costituita da abbondanti Gasteropodi turricolati associati ad oncoliti e piccole Requienidi (*Apricardia* sp.); mentre nell'area di Monte Mandrone la parte basale dell'unità è contraddistinta da elevata presenza di Caprotinidi e Toucasie, probabilmente connessa a condizioni chimico-fisiche delle acque più favorevoli. La parte alta di questa porzione inferiore dell'unità è costituita da prevalenti *packstones-wackestones* bianchi e avana, cui seguono sottili intercalazioni argillose, talvolta con Characee, e sporadici e discontinui livelli di selce. Tale parte inferiore si chiude circa 20 metri al di sopra del biorizzonte ad *Archaeoalveolina reicheli* De Castro. Il contenuto microfaunistico è costituito da Alveolinidi (in particolare *Archaeoalveolina reicheli* De Castro), Orbitolinidi, Ostracodi e Miliolidi.

PROGETTO CARG

La porzione intermedia, per circa 130 m, è caratterizzata da dolomicriti laminate alternate a calcari (*mudstones-wackestones*) nocciola in strati medi, talora sottilmente stratificati e sfaldabili in lastre dello spessore di 10-20 mm. Le laminazioni sono quasi esclusivamente piano-parallele, raramente, si osservano laminazioni algali.

Nella parte medio-alta sono presenti sottili livelli marnoso-conglomeratici arrossati e diffuso quarzo disposto sia parallelamente alla stratificazione sia in plaghe nel corpo dello strato. In alcuni settori (per esempio Serra del Pruno) i singoli livelli con quarzo presentano spessori di 20÷30 centimetri, e si mantengono abbastanza continui, sebbene mostrino geometrie lenticolari.

Le caratteristiche sia micro sia macroscopiche mostrano che detti livelli sono comparabili con i coevi sedimenti dei Monti Lepini descritti da Carbone & Catenacci (1978).

Secondo tali Autori il quarzo è autogeno e deriva da una possibile sostituzione pseudomorfica del solfato di calcio, precipitato in aree depresse di piane tidali, con ricorrenti condizioni ipersaline in regime climatico evaporitico.

Circa l'origine della silice, suggeriscono due ipotesi:

- rielaborazione, nel corso della sedimentazione, dei sottili e lenticolari livelli argillosi verdi, presenti a più livelli nella successione carbonatica;
- arricchimento connesso ad emanazioni vulcaniche conseguenti alle fasi di smembramento della piattaforma carbonatica.

La macrofauna è costituita da Requienidi e caratterizza soprattutto gli spessi strati di *wackestones* avana presenti nel settore alto della porzione in esame.

Superiormente l'unità è costituita da dolomie microcristalline scure, a luoghi con spesse laminazioni algali, e da dolomie saccaroidi con intercalazione di brecciole a clasti neri e conglomerati intraformazionali.

Nell'area di Fossa Rotonda, i Collacci, a sud di Pico, nell'area a NE dell'abitato Campodimele e lungo la strada che da esso porta a Monte Faggeto, poco a sud del limite meridionale del Foglio 402 "Ceccano", la base della porzione superiore dolomitica è segnata da un livello lenticolare di materiale argilloso ocraceo, di composizione calcareo-residuale e bauxitico dello spessore di circa 30 cm. Il livello argilloso si presenta alquanto continuo, pur passando lateralmente a conglomerati marnoso-argillosi con Characee o crostoni calcarei arrossati e ridotte incrostazioni bauxitiche. Il località Serra del Pruno e Monte Latiglia, in posizione analoga, è presente un livello di circa 2÷3 metri di spessore, costituito alla base da noduli e liste di selce, crostoni sopratidali silicizzati cui fa seguito un conglomerato intraformazionale potente circa 1 metro. Tali depositi segnano chiaramente il passaggio a condizioni ambientali ristrette o addirittura fasi anche prolungate d'emersione; per la presenza, pochi metri in alto, di *Sellialveolina vialli* Colalongo. Tale evento può essere correlato con il *I° livello bauxitico* abruzzese-marsicano.

PROGETTO CARG

Il contenuto micropaleontologico è costituito da *Archaealveolina reicheli* De Castro, *Sabaudia minuta*, *Salpingoporella turgida* (Radoicic), *Bacinella irregularis*, *Garwoodia fluegeli* Dragastan, *Nezzazata isabellae* Arnaud-Vanneau & Sliter, *Orbitolina (Conicorbitolina)* sp., *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *texana*, *Simplorbitolina aquitanica* (Schroeder & Poignant), *Pseudonummoloculina aurigerica* Calvez, *Cuneolina camposauri*, *Nezzazatinella cf. macovei* Neagu, *Nezzazata simplex* Omara, *Cuneolina gr. pavonia* d'Orbigny, *Cuneolina pavonia parva* Henson, *Vidalina radoicicae* Cerchi & Schroeder, *Mayncina* sp., *Bolivinoides* sp., Miliolidae, Ostracoda. Tale contenuto biogeno identifica un intervallo biostratigrafico esteso dalla biozona ad *Archaealveolina reicheli* alla biozona ad *Ostracoda* e *Miliolidae*.

Aptiano superiore - Cenomaniano inferiore.

1.1.10. - *Calcari ad Alveolinidi e dolomie laminate (***DLA***)*

Tale unità è equivalente a quella che nel CARG Appennino meridionale è stata distinta con il rango di membro (**CRQ$_4$**), all'interno dei calcari a Requienie e Gasteropodi (**CRQ**); inoltre è in parte stratigraficamente equivalente ai calcari intrabauxitici (**IBX**) dei Fogli CARG-Abruzzo-Lazio, ma presenta differenti caratteristiche litologiche e maggior continuità di sedimentazione; pertanto è stata distinta da essi e differenziata in due membri, un membro inferiore a *Sellialveolina vialli* (**DLA$_1$**) ed un membro superiore a *Cisalveolina fraasi* (**DLA$_2$**).

Il limite inferiore del primo membro è stato fatto coincidere con i primi bioorizzonti ad Alveolinidi (*Sellialveolina viallii* Colalongo e *Ovalveolina maccagnoae* De Castro).

Il membro è costituito da calcari tipo *mudstones-wackstones* e *packstones* avana con alternati calcari dolomitici e dolomie. I calcari fango-sostenuti sono ricchi in peloidi, Miliolidi ed Ostracodi. I *packstones* presentano abbondanza di grandi Miliolidi, Alveolinidi, Cuneoline e Nezzazatidi. La macrofauna è presente nella porzione medio-superiore limitatamente ad un livello discontinuo a Radiolitidi (tra cui *Sawagesia nicaisei* Coquand) in corrispondenza del bio-orizzonte a *Cisalveolina lehneri*, e ad un livello ad Ostree (Livello a Perne *Auct.*) e Radiolitidi localizzati circa 20÷30 metri più in alto. Gli elementi bioclastici sono rimaneggiati e derivano probabilmente dallo smantellamento di biocostruzioni e dalla successiva deposizione in ambienti più tranquilli, oppure, almeno nel caso delle Perne, possono essere associati a depositi di canale. Nei settori sudorientali del Foglio (Montevetro, Monte Risi) i litotipi dolomitici sono subordinati, mentre affiorano prevalenti calcari *wackestones-packstones* e talvolta *grainstones* bioclastici, calcari dolomitici laminati, con intercalazioni di conglomerati intraformazionali.

Nell'area ovest del Foglio (tra Lenola, Vallecorsa, Amaseno) la presenza di

PROGETTO CARG

livelli selciferi, sebbene notevolmente ridotta, s'individua almeno fino all'altezza del bioorizzonte a *Cisalveolina lehneri* Reichel .

Sul versante SE di Monte Siserno, qualche metro prima del suddetto bioorizzonte, affiorano calcari micritici ricchissimi di oogoni di Charophite ed in sequenza un livello argilloso bianco-giallognolo di spessore metrico. Il livello mostra una notevole continuità laterale, anche se con spessore e litofacies variabile. Lo stesso, infatti, s'individua con spessore pluridecimetrico sul versante N di M.te Siserno, mentre in altre aree, in posizione stratigrafica analoga, si individuano paleosuoli rossicci, livelli marnosi sottilmente stratificati, conglomerati e crostoni calcarei arrossati. Tali depositi potrebbero indicare fasi d'emersione, più o meno prolungate, di alcuni settori della piattaforma, e per posizione stratigrafica sembrano poter essere correlati con il II° livello bauxitico abruzzese-marsicano.

Sono inoltre presenti orizzonti dolomitici neri bituminosi riferibili ad ambienti deposizionali con circolazione ristretta e, al limite, a carattere euxinico. Probabilmente è dallo smantellamento, in occasione di forti mareggiate, di tali sedimenti, o di sedimenti anneriti a seguito d'incendi della vegetazione che potrebbero derivare i *blackened pebbles* (Wilson, 1975; Scoffin, 1988; Bosellini, 1992) ampiamente diffusi a varie altezze nell'unità.

L'ambiente deposizionale rimane quello di laguna interna, con buone condizioni di circolazione idrica, come testimoniato dall'incremento e dalla diversificazione della fauna, alternate a fasi di restrizione e/o emersione, e ad oscillazioni inter-sopratidali.

L'unità ha una potenza complessiva di circa 120 m ed affiora estesamente in ampi settori del Foglio, sia pure con associazioni di litofacies moderatamente differenti.

Il contenuto microfossilifero è costituito essenzialmente da *Sellialveolina viallii* e *Ovalveolina maccagnoae*, *Cisalveolina lehneri* Reichel, *Nezzazata simplex*, *Nezzazata gyra* (Smout), *Biconcava bentori* Hamaoui & Saint-Marc, *Biplanata peneropliformis* Hamaoui & Saint-Marc, *Vidalina radoicicae*, *Pseudorhapydionina dubia* (De Castro), *Cuneolina pavonia parva* Henson, *Cuneolina gr. pavonia*, *Cuneolina* sp., *Chrysalidina* sp., N*ummoloculina* sp., *Spiroloculina* sp., Miliolidae. Il contenuto fossilifero individua un'estenzione stratigrafica dalla parte superiore della biozona ad *Ostracoda* e *Miliolidae*, alla biozona a *Pseudorhapydionina dubia* e *Pseudorhapydionina laurinensis*, alla parte basale della biozona *Chrysalidina gradata* e *Pseudolituonella reicheli*.

Cenomaniano inferiore *p.p.* - Cenomaniano superiore *p.p.*

Il *membro a Cisalveolina fraasi* (**DLA$_2$**) è costituito da calcari dolomitici intensamente bioturbati e da calcari fango-sostenuti in cui la dolomitizzazione è limitata alle tracce di bioturbazione. Localmente (Monte Faggeto, Colle Raimo, Pico) sono sostituiti da *packstones* e *wackestones* avana, senza bioturbazioni,

PROGETTO CARG

ricchi in *Cisalveolina fraasi* Gumbel. La stratificazione si mantiene sempre da spessa a molto spessa.

Le bioturbazioni sono ben evidenti sulle testate degli strati, in rilievo per erosione differenziale; esse sono, infatti, costituite da riempimenti dolomitici, derivati dalla dolomitizzazione di materiale calcareo, rielaborato da organismi bentonici, probabilmente *Cylindrites* (Matteucci, in Fumanti, 1989).

La base dell'unità è caratterizzata, per uno spessore di circa 3-4 metri, dalla presenza di *Cisalveolina fraasi*, talvolta abbondante (Montevetro, Serra del Pruno, Monte Pizzuto, La Civitella, Monte Siserno, Lenola) e con individui di notevoli dimensioni, visibili anche ad occhio nudo sulla testata degli strati, talvolta ridotta o assente (Monte Calvo, MonteVaccaro). Ciò può essere imputato al modo di vita epifita di tali Foraminiferi: l'assenza di un substrato vegetato da Alghe o Fanerogame, può averne determinato la mancanza o la scarsità (J.Pignatti, in Fumanti, 1989).

Le litofacies bioturbate presentano spessori variabili e al massimo raggiungono circa 12÷15 metri a Serra del Pruno, mentre già nel vicino M.te Pizzuto si riducono a meno di 10 metri. In successione esse sono seguite da calcari con tessiture variabili da *grainstones* a *rudstones*, bianchi cristallini, in strati spessi e talvolta massivi. I clasti sono prevalentemente organogeni, in genere ben elaborati, costituiti prevalentemente da Rudiste (Radiolitidi), Gasteropodi, Ostreidi. La micrite interstiziale è pressoché assente o ricristallizzata. La diffusa ricristallizzazione, con deposizione di calcite spatica negli spazi intergranulari, conferisce alle bioclastiti un aspetto saccaroide.

Le litofacies saccaroidi presentano spessori compresi tra i 20÷30 metri; nell'area di Serra del Pruno e La Civitella sono bene esposte. Esse in alto passano a calcari fango-sostenuti bianchi spesso bioturbati, con ridotto contenuto macrofossilifero, seguiti da livelli d'aspetto nodulare, brecciole a clasti neri e *calcrete crusts*. Lungo la strada che da San Nicola conduce a Campello Vecchio (nel territorio di Itri, circa 2 Km a S del limite del Foglio 402 "Ceccano"), la successione è ben esposta e al tetto delle facies bioclastiche saccaroidi è presente un paleosuolo di circa 2 metri di spessore. Esso è rappresentato da un livello argilloso giallo-rossiccio, con intercalati calcari marnosi maculati, ricchi d'ossidi di ferro. Nella parte alta il livello argilloso presenta concrezioni calcaree traforate, probabilmente risultanti dall'azione di radici di piante, forse Fanerogame. Tale paleosuolo evidenzia chiaramente una prolungata fase d'emersione, probabilmente estesa ad ampi settori della piattaforma, come confermato dalla possibilità di correlazione con il III° livello bauxitico abruzzese. Esso presenta nell'area notevole continuità laterale, s'individua con analoghe caratteristiche sul versante meridionale del rilievo su cui si estende l'abitato di Lesola e lungo la strada che dal centro abitato conduce verso Ambrifi.

Facies "bioclastiche saccaroidi" sono state descritte anche in alcuni settori dei Monti Lepini da Catenacci (1976), intercalate all'interno di sequenze carbonatiche lagunari e peritidali del Cenomaniano superiore. L'autore individua

PROGETTO CARG

l'area d'alimentazione delle bioclastiti al margine o in prossimità dei margini della piattaforma, dove si formavano i depositi cosiddetti "cristallini" o "saccaroidi", alimentati in gran parte dallo smantellamento di costruzioni organogene, e tra le cause che inducono il trasferimento laterale delle bioclastiti riconosce maggiore consistenza a quelle connesse a fasi d'elevata attività tettonica alto cenomaniana, con interazione tra oscillazioni tettono-eustatiche e *tsunami*.

Per l'unità in esame è possibile ipotizzare un ambiente di sedimentazione di laguna ben ossigenata con *Cisalveolina fraasi* ed organismi scavatori; mentre i calcari saccaroidi indicherebbero bassi fondali di retroscogliera con elevato idrodinamismo, continua rimobilizzazione dei sedimenti, usura e selezione granulometrica. La comparsa ,in questa posizione stratigrafica, di facies bioclastiche a Rudiste è un elemento comune alle successioni carbonatiche appenniniche e periadriatiche, legato, con molta probabilità, ad un importante picco trasgressivo.

La potenza complessiva è dell'ordine di 40÷50 metri.

Il contenuto fossilifero, costituito da *Cisalveolina fraasi*, *Pseudorhipydionina murgiana* (Crescenti), *Coxites zubairensis* Smout, *Trocholina cf. arabica* Henson, *Pseudolitonella reicheli* Marie, *Chrysalidina gradata* d'Orbigny, Miliolidae, Hippuritacea, Radiolitidae, consente di riferire il membro a parte della biozona C*hrysalidina gradata e Pseudolitonella reicheli*.

Cenomanianano superiore sommitale

1.1.11. - *Calcari a Radiolitidi* (**RDT**)

Appartengono a tale unità gli ultimi termini della successione cretacica di piattaforma carbonatica. Essi affiorano sia nell'area A sia nell'area B anche se con spessori variabili e con caratteristiche diverse.

In generale l'unità è costituita da prevalenti calcari fango sostenuti alternati a calcari granulo sostenuti in strati medi e spessi, con intercalazioni di livelli biostromali e/o rare biocostruzioni a rudiste.

Nell'area A, la base dell'unità (per uno spessore di 30÷50 metri) è costituita da prevalenti calcari nocciola, tipo *mudstones*, con rare intercalazioni di *wackestones*, in strati di 10÷30 centimetri. Un ridotto spessore delle parasequenze si associa ad un contenuto micro e macrofossilifero pressoché assente, testimoniando un ambiente di sedimentazione di laguna con circolazione piuttosto attenuata e scarsa ossigenazione. Superiormente gli spessori delle parasequenze aumentano e le litofacies passano a *mudstones-wackestones* di colore avana-nocciola, con intercalazioni di *packstones*, in strati da medi a spessi, con microfaune bentoniche, macrofauna a Rudiste talvolta molto abbondante, esprimendo la tendenza a condizioni di maggior apertura e buona circolazione idrica, associate a fasi trasgressive.

PROGETTO CARG

In tale intervallo stratigrafico le rudiste presentano dunque una grande diffusione areale ed invadono anche i settori più interni della piattaforma, sia come materiale fluitato, sia come biocostruzioni isolate (*patch-reef* e *shoal-reef*), indicando condizioni di apertura nella circolazione idrica, generalizzate all'intera piattaforma.

Nell'Area A, l'unità affiora nel settore a S di Pico, nell'area di M.te Siserno, Monte Pizzuto, versante W della Civitella. Le migliori condizioni di esposizione e la maggiore continuità di affioramento si rinvengono sui rilievi ad E di Amaseno, dove è possibile osservare, in successione verticale, almeno 3 principali eventi a Rudiste:

1. Calcari a Biradiolites angulosus;
2. Calcari a Radiolites dario (*Gorjanovicia* sp.) e Biradiolites martelli;
3. Calcari a Bournonia excavata.

I corpi a Rudiste presentano spessori di diversi metri (10÷30 metri), mostrano buona continuità laterale, sebbene spesso con conformazione lenticolare, ed esprimono probabilmente picchi trasgressivi di cicli del 3° ordine (Fumanti, 1998). Essi sono in gran parte costituiti da accumuli biostromali, ma in alcuni casi (Madonna dell'Auricola, Cardola, sul versante N de La Civitella) si osservano biocostruzioni lenticolari dello spessore di 1÷2 metri, con individui in posizione di vita.

Le condizioni d'affioramento negli altri settori non sono particolarmente favorevoli, non consentendo la discriminazione dei diversi eventi descritti e l'analisi dell'esistenza o meno di differenziazione nelle caratteristiche delle litofacies nelle diverse aree d'affioramento. Pertanto, sebbene gli eventi a Rudiste fossero stati originariamente cartografati per il settore di Serra del Pruno-La Civitella-Madonna dell'Auricola, successivamente essi sono stati accorpati, per omogeneità di rappresentazione, rispetto agli altri settori del dell'Area A del Foglio 402 "Ceccano".

Nell'area B, l'unità affiora su entrambi i lati delle gole del Fiume Melfa e sui rilievi tra Roccasecca ed Arce, per uno spessore complessivo stimabile in circa 200 metri. In tale area sono state distinte due litofacies formate da *mudstones-wackestones* di colore avana-nocciola, con intercalazioni di *packstones*, in strati da medi a spessi, con microfaune bentoniche, macrofauna a Rudiste, cui seguono calcari tipo *packstones* e *graistones* saccaroidi, in strati medi, alternati a *wackestones*. Le litologie presentano assenza di matrice micritica interstiziale e conseguente spatizzazione chimica delle porosità originarie, netta prevalenza degli elementi arrotondati su quelli angolosi, ed in generale un buon grado di selezione granulometrica.

La porzione mediana di tale successione è costituita da calcari prevalentemente od esclusivamente organogeni, con stratificazione da spessa a molto spessa od indistinta e con intensa ricristallizzazione (litofacies $\mathbf{RDT_a}$). Tale orizzonte

PROGETTO CARG

affiora in bella evidenza su entrambi i versanti nella parte terminale delle gole del Melfa (Area B), dove spicca, per il forte risalto morfologico, un corpo notevolmente bioclastico saccaroide dello spessore di circa 30 metri. Esso si presenta notevolmente continuo e discordante sui litotipi sottostanti evidenziando fasi d'attività tettonica; litologicamente è costituito da *grainstones* e soprattutto *rudstones* a Rudiste con Radiolitidi anche di notevoli dimensioni.

Il materiale è chiaramente bioclastico, fortemente eterometrico, rimaneggiato ed interessato da intensi processi di ricristallizzazione che hanno coinvolto anche l'eventuale matrice micritica che ormai appare assente o irriconoscibile. Tali litofacies mostrano notevoli analogie con i "calcari saccaroidi" alto-cenomaniani (**DLA_2**) e con i "calcari saccaroidi *Auct.*" Maastricthiani. I depositi bioclastici in esame sono intercalati in una sequenza essenzialmente di piattaforma interna, lagunare e peritidale, ma gli elementi costituenti sono certamente il risultato dello smantellamento, in condizioni energetiche d'elevato idrodinamismo, delle biocostruzioni nelle aree marginali della piattaforma, con successivo trasporto e deposito in contesti lagunari a minore energia. Anche in tale caso, sebbene le aree d'affioramento siano poco estese e poco favorevoli all'osservazione, non sono evidenti elementi che consentono di giustificare il trasporto del materiale lungo canali di marea con ripetute migrazioni laterali; non ci sono evidenze di corpi canalizzati, né di contatti erosivi, anche a grande scala. Mancano evidenze delle strutture sedimentarie associate all'evoluzione verticale e laterale della deposizione di canale. Pertanto sembra doversi escludere, come esclusiva, l'ipotesi d'alimentazione tramite ripetuti flussi canalizzati, in occasione di eventi di tempesta particolarmente intensi. Ciò, associato alla discordanza angolare tra le bioclastiti saccaroidi e i sottostanti depositi lagunari, sembra dare, ancora una volta, maggiore credito all'ipotesi di meccanismi di trasporto connessi ad intensa attività tettonica con interazione tra frequenti *tsunami*, oscillazioni tettono-eustatiche post-turoniane e forti tempeste associate ad uragani di forte energia, che determinano l'accumulo nei settori interni della piattaforma di notevoli volumi di materiali detritici disponibili nei settori marginali per l'accresciuta produttività alto cretacica, con flussi arealmente molto estesi e senza evidenza di canalizzazione.

Seguono ancora calcari a tessiture *wackestones* e *packstones* con livelli di *floatstones* a Rudiste ed intercalazioni di calcari dolomitici in strati medi.

Nella parte alta dell'Unità affiorante nell'area B, il notevole aumento del contenuto bioclastico, con netta prevalenza di *floatstones* e localmente di *rudstones* a Rudiste, consente di distinguere la litofacies **RDT_b**.

Tale unità rappresenta nel Foglio 402 "Ceccano" il deposito di chiusura della successione di piattaforma carbonatica mesozoica. In alcuni settori dell'Unità della Catena dei Volsci (area di Sant'Oliva, Maranola, Monte Caccume, Monte Vele), al tetto dei calcari a Radiolitidi, si individuano crostoni ferruginosi e manganesiferi,

PROGETTO CARG

su cui poggiano lembi del Complesso di Falvaterra. Nell'area B (Unità Simbruino-Ernica) sui calcari a Radiolitidi si estende la "lacuna paleogenica", cui seguono depositi di rampa carbonatica miocenica, rappresentati dalle calcareniti a Briozoi (**CBZ$_3$**), generalmente con giacitura paraconcordante; tale contatto è ben esposto ed osservabile nei pressi di Arce e Rocca d'Arce.

Nei calcari a Radiolitidi è possibile riconoscere: *Biradiolites angulosus* D'Orbigny, *Biradiolites angulosissimus* (Toucas), *Durania arnaudi* Polsak, *Bournonia irregularis* D'Orbigny, *Bournonia excavata* (D'Orbigny), *Milanovicia martelli* Parona, *Radiolites dario* Catullo, *Gorjanovicia* sp., *Durania* sp., *Radiolites* sp., *Hippuritacea, Requienidae*.

La microfauna è rappresentata da *Nummoloculina* cf. *irregularis* Decrouez & Radoicic, *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Nezzazatinella* cf. *aegyptiaca* Said & Kenawy, *Rotorbinella scarsellai* Torre, *Nezzazatinella picardi* (Henson), *Moncharmontia appenninica* De Castro, *Accordiella conica* Farinacci, *Scandonea samnitica* De Castro, *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas *Reticulinella fleuryi* Cvetko, Gusic & Schroeder, *Aeolisaccus barattoloi* De Castro, *Pseudocyclammina sphaeroidea* Gendrot, *Murgeina apula* Luperto-Sinni, Rotaliidae, Discorbidae, Miliolidae, Ostracoda e Cuneolina.

Tale contenuto biotico permette di riferire l'estensione dell'unità alla biozona a *Nezzazatinella* cf. *aegyptiaca* e *Nummoloculina* cf. *irregularis* e fino a gran parte della biozona ad *Accordiella conica* e *Rotorbinella scarsellai*.

Turoniano-Santoniano *p.p.*

1.2. - Successione cenozoica di rampa carbonatica-piattaforma aperta

(*Litostratigrafia:* P. Di Manna & D. Rossi; *Biostratigrafia:* P. Didaskalou)

1.2.1. - *Calcari a Briozoi e Litotamni* (**CBZ**)

Nell'area in esame è stato distinto solo il membro **CBZ$_3$**.(calcareniti a Briozoi). Tale unità affiora nel settore nord-orientale del foglio e nel settore centro-occidentale (Area B), trasgressiva sui depositi premiocenici, riferibili al Cretacico superiore. Il contatto è generalmente paraconcordante, caratterizzato dal un netto cambiamento di *facies*, sia in termini di tessiture che di composizione bio-intraclastica rispetto ai litotipi cretacici, e localmente evidenziato da una superficie stilolitica. Il passaggio alla successione miocenica è inoltre segnato anche da un netto cambiamento morfologico, con formazione di pareti acclivi ed al limite subverticali, per effetto di una maggiore potenza degli strati, da spessi a molto spessi.

PROGETTO CARG

Tali calcari sono in prevalenza a tessiture da *grainstones, packstones* a *rudstones,* bianchi ed avana con Briozoi, frammenti di Litotamni (che localmente costituiscono rodoliti), Foraminiferi bentonici (Heterostegine, Amphistegine) Pettinidi, Ostreidi e frammenti d'Echinidi.

Nei settori esaminati la parte basale dell'unità è costituita da calcari organogeni a Briozoi ed Alghe rosse (Litotamni), mentre solo localmente sono presenti livelli di calcareniti fini, di colore grigio-avana ed arancione, con granuli glauconitici, Ditrupe, frammenti d'Echinidi, di Bivalvi e di placche di masticazione di Pesci; tali calcareniti sono invece molto più evidenti in aree al di fuori del foglio, sia in settori più settentrionali (per esempio Monti Carseolani ed Affilani e nei Simbruini Occidentali), sia nei Monti Lepini nordorientali (per esempio Valle Forana). Talora subito sopra il contatto trasgressivo è presente una brecciola a piccoli clasti calcarei cretacei, di spessore variabile da pochi centimetri ad alcuni decimetri. Nella parte media prevalgono calcari bianchi grossolani a Briozoi e Bivalvi, che progressivamente passano a calcari finemente detritici, *floatstones* nocciola ad Ostreidi e calcareniti bioclastiche di colore avana a Foraminiferi bentonici. Il passaggio alla soprastante unità argilloso-marnosa, membro delle marne a *Cylindrites*, (**UAM$_2$**), avviene in modo graduale nel settore di Arce e Rocca d'Arce, mentre, a luoghi (Ceccano), il tetto è caratterizzato dalla presenza di un *hard-ground* glauconitico-fosfatico, in cui i processi di mineralizzazione possono interessare un orizzonte anche di spessore decimetrico. Lo spessore affiorante dell'unità è molto variabile, da pochi metri sino a circa 50÷70 m.

L'unità in esame è chiaramente riferibile alla deposizione nell'ambito di un sistema di rampa carbonatica in condizioni climatiche di tipo tropicale e sub-tropicale, come è possibile definire dalle associazioni faunistiche presenti, per lo più del tipo *rhodalgal, bryomol* e *molechfor*.

Le microfaune sono rappresentate da foraminiferi bentonici (*Amphistegina* sp., *Heterostegina* cf. *complanata* Meneghini, *Miogypsina* sp., *Miolepidocyclina* sp., *Elphidium* sp., *Lobatula* sp., *Lenticulina* sp., Buliminidae, Textulariidae, Cibicididae, Anomalinidae, Miliolidae, Nodosariidae, Rotaliidae, Vaginulinidae, Victoriellidae, Discorbidae) e Foraminiferi planctonici (*Globigerinoides trilobus* (Reuss), *Globigerinoides sacculifer* Brady, *Globoquadrina* sp., *Globigerina* sp., *Orbulina* sp.). Localmente, sono presenti frammenti di macroforaminiferi (Nummuliti) dell'Eocene, rielaborati. Il membro è pertanto riferibile alla biozona SBZ26 *p.p.*

Langhiano- Serravalliano

Per alcuni Autori (Civitelli & brandano, 2005), attraverso indagini geochimiche basate sulla variazione del rapporto isotopico Sr^{87}/Sr^{86}, ipotizzano per l'intera formazione dei calcari a Briozoi e Litotamni un'età compresa tra il passaggio Aquitaniano-Burdigaliano e il Tortoniano inferiore.

PROGETTO CARG

1.3. - Depositi di rampa-bacino miocenici
(*Litostratigrafia:* P. Di Manna & D. Rossi; *Biostratigrafia:* P. Didaskalou)

1.3.1. - *Unità argilloso-marnosa* (**UAM**)

In quest'unità, affiorante solo nell'area B, sono stati distinti due membri: uno di rampa distale, le marne a Cylindrites (**UAM$_2$**), ed uno di bacino, le argille ad Orbulina (**UAM$_3$**).

- *Marne a Cylindrites* (**UAM$_2$**)

Sono costituite da calcareniti marnose e marne, generalmente ricche in glauconite, in strati da medi a sottili e con abbondanti icnofaune, rappresentate soprattutto da *Chondrites* e *Thalassinoides* (C*ylindrites*). Verso l'alto la componente carbonatica diminuisce progressivamente e il membro sfuma nelle sovrastanti argille ad Orbulina.

Affiorano quasi ovunque alla base delle argille ad Orbulina (**UAM$_3$**) con spessori generalmente molto modesti, al massimo una decina di metri.

La macrofauna è rappresentata da abbondanti frammenti d'Echinidi, Briozoi e Bivalvi; mentre il contenuto micropaleontologico è costituito da Foraminiferi bentonici (*Amphistegina* sp., *Heterostegina* sp., *Lenticulina* sp., Buliminidae, Cibicididae, Vaginulinidae, Nodosariidae, Textulariidae) e planctonici (*Globigerinoides trilobus*, *Orbulina* sp., *Globigerinoides* sp., *Globigerina* sp.). Il membro è pertanto attribuibile alla biozona SBZ26 *p.p.*

Serravalliano (superiore?) - Tortoniano *p.p.*

- *Argille ad Orbulina* (**UAM$_3$**)

Mostrano caratteristiche del tutto simili a quelle di molte altre aree appenniniche. Sono costituite da marne, marne argillose ed argille grigio-brune, sottilmente stratificate e ricche di Foraminiferi planctonici. L'elevata erodibilità dell'unità favorisce la formazione di spianate più o meno ampie, facilmente riconoscibili morfologicamente ma che non permettono un'osservazione di dettaglio delle caratteristiche sedimentologiche e dell'organizzazione delle *facies*. La base del membro è localmente (Ceccano) caratterizzata dalla presenza di un *hard-ground* mineralizzato a glauconite e fosfati di spessore centimetrico. Spessore massimo 15-20 m.

Affiorano ovunque alla base dei depositi silicoclastici della formazione di Frosinone.

La ricca microfauna a foraminiferi planctonici (*Globigerinoides obliquus* Bolli, *Globorotalia* gr. *menardii, Neogloboquadrina acostaensis* Blow, *Orbulina bilobata* D'Orbigny, *Orbulina suturalis* Bronnimann, *Orbulina universa* D'Or-

PROGETTO CARG

BIGNY ed a nannofossili calcarei (*Discoaster* gr. *bellus*, *Discoaster pentaradiatus* TAN, *Calcidiscus macintyrei* BUKRY & PERCIVAL, *Reticulofenestra* spp.) è indicativa del TORTONIANO *p.p.*

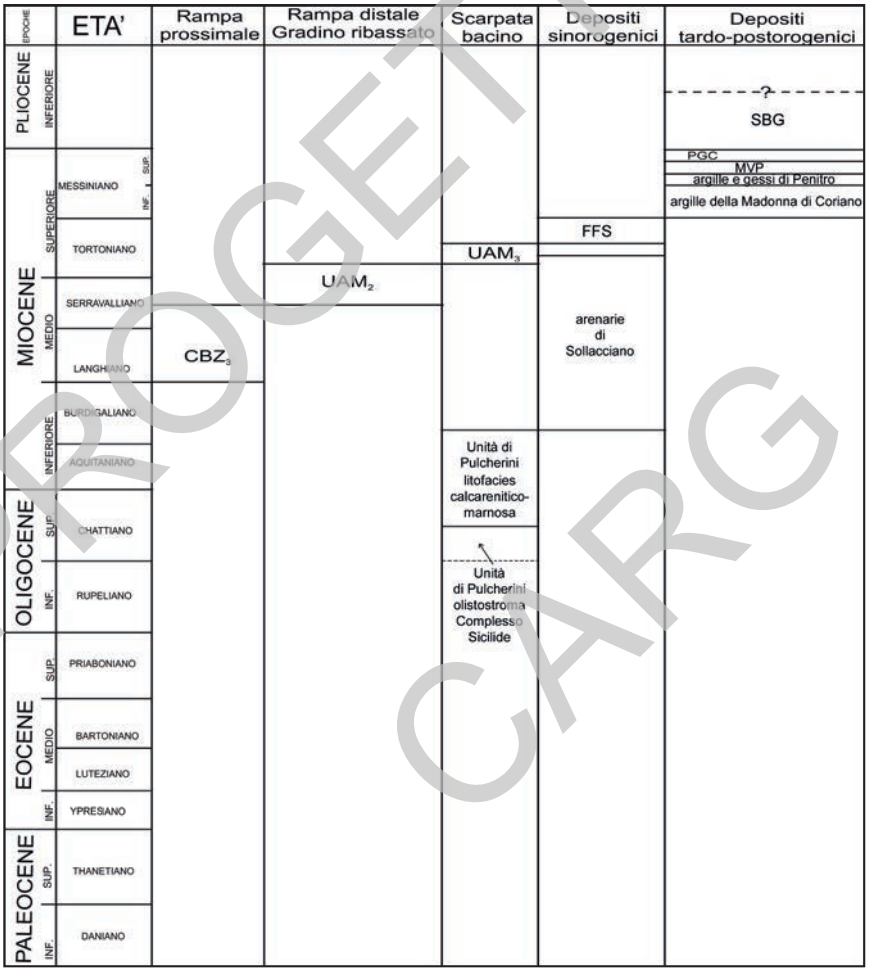


Fig. 8 - *Schema dei rapporti cronostratigrafici tra le unità litostratigrafiche cenozoiche del Foglio 402 "Ceccano" e la successione del Torrente Ausente.*

PROGETTO CARG

2. - DEPOSITI SINOROGENICI MIOCENICI

(*Litostratigrafia:* E. Centamore, P. Di Manna, S. Milli & D. Rossi;
Biostratigrafia: P. Didaskalou)

2.1. - Depositi silicoclastici dell'Unità Simbruino-Ernica

2.1.1. - *Formazione di Frosinone* (**FFS**)

Questa formazione rappresenta il deposito silicoclastico sinorogenico della Valle Latina, appartenente all'Unità Simbruino-Ernica (Area B); in essa sono state riconosciute tre associazioni di facies: associazione arenacea (**FFS$_a$**), associazione arenaceo-pelitica (**FFS$_b$**), associazione pelitico-arenacea (**FFS$_c$**), che si alternano tra loro in modo variabile da zona a zona e con differenti spessori. L'intensa tettonizzazione, la presenza di estese coperture continentali e vulcaniche, e la più che secolare pratica agricola rendono particolarmente difficile l'individuazione dei rapporti spazio-temporali tra le varie associazioni, nonché il calcolo degli spessori. Tuttavia, anche sulla base delle stratigrafie fornite da perforazioni petrolifere, s'individuano spessori dell'ordine di 1500÷1700 metri con un *trend* di tipo *fining upward*.

- *associazione arenacea* (**FFS$_a$**)

E' costituita da arenarie giallastre, quarzoso-feldspatiche, a granulometria media, in strati spessi, molto spessi, frequentemente amalgamati con sferoidi diagenetici (cogoli), generalmente privi di strutture interne, ad eccezione di rari casi in cui si osservano laminazioni convolute al tetto degli strati. Le intercalazioni pelitiche sono molto rare e sottili; il rapporto sabbia/argilla è maggiore di uno. Frequente è la presenza di contro-impronte da corrente tipo *flute casts* o *groove casts*.

L'associazione in esame affiora prevalentemente alla base della formazione, a contatto con le argille ad Orbulina sottostanti. Tale contatto è visibile lungo il fosso Rio Proibito, in località Madonna di Vallecantara, in sinistra idrografica del Fosso le Decime (versante occidentale della dorsale Monte Campea-Monte S. Nicola) e nel settore a NW di Ripi, estrema periferia N del Foglio 402 "Ceccano". Buoni affioramenti del contatto basale s'individuano in scavi di recente realizzazione, lungo la Via Casilina, poco prima del bivio per Ripi .

L'associazione arenacea affiora lungo il versante occidentale di Rocca d'Arce (parte nordoccidentale del settore nordorientale del Foglio 402 "Ceccano"), lungo il versante settentrionale di Monte Grande, in località "Contrada Tramonti", in

PROGETTO CARG

sinistra idrografica del Fosso le Decime, in località "Villa Felice", lungo i versanti della Valle del Rio Provatolo, in sinistra idrografica del Fosso le Decime, in località "Casa Rosario", nelle aree di "Villa Felice" e "Guardiola". Altri affioramenti caratterizzano il settore ad est-sud est di San Giovanni Incarico, compreso tra il corso del fiume Liri e i rilievi collinari di Colle Tronco, Madonna della Selva.

- associazione arenaceo - pelitica (**FFS$_a$**)

Questa associazione è costituita da alternanze di arenarie quarzoso-feldspatiche giallastre, a granulometria medio-fina, in strati da medi a spessi, e di marne e marne siltose, in strati sottili e medi; il rapporto sabbia/argilla è uguale a uno, talora anche maggiore di uno.

Nell'area a nord di Ceccano essa è intercalata nell'associazione pelitico-arenacea, in orizzonti di spessore decametrico. Affiora in piccoli lembi in località Fontanella, Casa Rosario e Bisciarello, e, più estesamente, lungo il versante settentrionale di Monte Grande, lungo gli altopiani di Colle Oliva, in località "Contrada Tramonti", lungo i versanti della valle del Rio Provatolo e nelle località di Villa Felice e Guardiola.

- associazione pelitico - arenacea (**FFS$_c$**)

Tale associazione è costituita da marne, marne siltose, siltiti, in strati sottili e medi con intercalazioni d'arenarie giallastre a granulometria fina, in strati sottili o medi; il rapporto sabbia/argilla è molto minore di uno.

Gli affioramenti più estesi, come detto in precedenza, si osservano in località Colle Oliva e inoltre sono presenti, nei pressi di Madonna di Paris, presso Casale Iacquella, presso Casa Rosario, presso Villa Felice, presso Fosso le Decime e presso Bisciarello. Inoltre l'associazione costituisce gran parte del settore collinare compreso tra Pico, San Giovanni Incarico e la località Tordoni di Pontecorvo, anche se mancano tagli ed esposizioni significative.

Per quanto riguarda lo studio delle paleocorrenti, sono stati osservati *flute casts* e *groove casts*, che indicano direzione e verso di scorrimento da NW a SE.

L'associazione arenacea e l'associazione arenaceo-pelitica sono in genere sterili o contengono microfaune estremamente povere ed in cattivo stato di conservazione, spesso rimaneggiate. Soltanto nell'associazione pelitico-arenacea si rinvengono microfaune significative a *Globigerinoides extremus* Bolli & Bermudez, *Globigerinoides obliquus obliquus* Bolli, *Neogloboquadrina acostaensis* (Blow), *Globorotalia humerosa* Takayanagy & Saito, *Orbulina suturalis*, *Orbulina universa*. La formazione di Frosinone è riferibile pertanto alla *Zona a Globigerinoides extremus.*

Tortoniano superiore - Messiniano basale?

PROGETTO CARG

3. - COMPLESSO DI FALVATERRA

(*Litostratigrafia:* E. Centamore, P. Di Manna & D. Rossi;
Biostratigrafia: M. Potetti & P. Didaskalou)

3.1. - Premessa - il Complesso di Falvaterra (**VRT**)

Il Complesso di Falvaterra, noto in letteratura come Argille Scagliose Auct. Complesso Sicilide, Argille Caotiche (Angelucci *et alii*, 1963), Formazione di Falvaterra (Accordi, 1963), affiora sia in un lembo, dello spessore massimo di qualche decina di metri, interposto tra le formazioni mioceniche della Valle Latina a letto (Unità Simbruino-Ernica), e le formazioni carbonatiche della Catena dei Volsci a tetto, sia su vari termini della successione carbonatica mesozoica dell'Unità della Catena dei Volsci.

Tale complesso è costituito prevalentemente da terreni argilloso-marnoso-siltosi policromi, fortemente caoticizzati, entro cui sono inglobati sia pacchi di strati di differenti litofacies, più o meno contorti e di volume variabile da qualche decina a parecchie centinaia di metri cubi (olistoliti), sia pezzame litoide eterogeneo ed eterometrico. Tanto i pacchi di strati che i clasti del pezzame litoide, nonché la componente marnoso-argillosa, sono del tutto simili ai vari termini di una successione che affiora, con considerevoli spessori e giaciture poco disturbate, poco al di fuori dell'area studiata (più precisamente in destra idrografica del Torrente Ausente) e che sarà qui indicata come Successione del Torrente Ausente. I termini che compongono questa successione sono, dal basso verso l'alto:

- unità di Pulcherini che costituisce la base della successione. Essa affiora in destra del Torrente Ausente, in contatto tettonico sulle arenarie della formazione di Frosinone, e ai piedi della dorsale Monte Bracchi-Santa Maria Infante-Tufo. La porzione basale dell'unità, dello spessore di 150-170 metri, presenta un assetto caotico, in cui non è possibile riconoscere gli originali legami stratigrafici tra le diverse litofacies. Queste sono rappresentate da: argilliti, argilliti marnose, marne generalmente grigiastre, a luoghi con fiamme policrome e, in misura minore, da calcari micritici tipo pietra paesina (a luoghi con croste silicizzate), da calcareniti e calciruditi bioclastiche, da calcari marnosi policromi con patine manganesifere, da calcari marnosi rossastri tipo scaglia, e da arenarie brune con frattura scheggiosa.

L'età dei suddetti depositi si estende dal Cretacico all'Oligocene *p.p.* Essi mostrano, inoltre, una marcata affinità con quelli che appartengono al Complesso Sicilide. Per questo motivo e per la loro notevole caoticizzazione potrebbero rappresentare un olistostroma del Complesso Sicilide stesso (nel presente foglio affioranti come olistoliti **pa**)

PROGETTO CARG

Nella parte superiore dell'unità di Pulcherini è stata distinta una litofacies calcareo-marnosa (olistoliti **p**$_c$), dello spessore di qualche decina di metri, costituita da alternanze di calciruditi e calcareniti bioclastiche a macroforaminiferi, in strati da medi a spessi, a molto spessi, e di marne e marne siltoso-argillose (complesso calcareo-argilloso flyschoide di Angelucci *et alii*, 1963). Vi si rinvengono, inoltre, clasti eterometrici sia di provenienza sicilide sia di rampa carbonatica. Verso l'alto la litofacies in esame passa gradualmente a siltiti marnose e siltiti che costituiscono la base delle arenarie di Sollacciano.

In corrispondenza dei tagli e nelle incisioni fresche, si riconoscono ancora gli originari rapporti stratigrafici tra la litofacies calcarenitico-marnosa e le arenarie di Sollacciano anche in presenza di intensa deformazione tettonica.

La presenza di *Nephrolepidina morgani* Lemoine & Douvillé, *Nephrolepidina tourneri* Lemoine & Douvillé, *Miogypsina* sp., *Miogypsinoides* sp., *Amphistegina* sp., in associazione a *Rotalidae* e a *Globigerinidae*, permette di riferire la litofacies calcarenitico-marnosa all'intervallo Oligocene superiore finale-Burdigaliano *p.p.*

- arenarie di Sollacciano. La litofacies calcarenitico-marnosa dell'unità di Pulcherini passa superiormente in modo relativamente rapido alle arenarie di Sollacciano (olistoliti **as**). Queste nell'area tipo presentano generalmente un assetto monoclinalico; solo verso la base, al passaggio con la sottostante unità di Pulcherini, si osservano ondulazioni più o meno accentuate in corrispondenza delle quali si sviluppano piani di taglio.

Nell'unità, che costituisce il deposito silicoclastico sinorogenico della Successione del Torrente Ausente, sono stati distinti due membri: il primo, basale, dello spessore di 200÷300 metri, è prevalentemente arenaceo (membro di Monte Bracchi), mentre quello superiore (membro delle Fornaci Pontine), dello spessore di 300÷350 metri, è prevalentemente pelitico-arenaceo.

Il membro di Monte Bracchi è costituito da arenarie a granulometria medio-grossolana, in strati da medi a spessi, fino a molto spessi, che si alternano a sottili livelli marnoso-siltosi; il rapporto sabbia/argilla è molto alto. Le marne e le siltiti marnose sono risultate quasi del tutto sterili o contenenti forme rimaneggiate; raramente sono state segnalate *Globorotalia mayeri* Cushman & Ellisor, *Globorotalia praemenardii* Cushman & Stainfort, *Globorotalia scitula* Brady, *Globigerina* sp., *Orbulina suturalis*, *Orbulina universa*, Radiolari, spicole di Spugna, indicative di un Miocene inferiore-medio *s.l.*

Il membro delle Fornaci Pontine è costituito in prevalenza da un'associazione pelitica in cui s'intercalano arenarie che divengono sempre più rare e meno spesse verso l'alto (rapporto sabbia/argilla da basso a molto basso).

Una caratteristica assai importante dell'unità è rappresentata dalla presenza di una notevole componente di detrito bioclastico, costituito in prevalenza da Briozoi, in colonie isolate, cui si associano resti di organismi neritici quali Lamellibranchi, Litotamni, Anellidi, radioli e placche di Echinidi. I materiali bioclastici sono

PROGETTO CARG

distribuiti alla base degli strati arenacei e sono talora così abbondanti da formare veri e propri livelli calcarenitici. Oltre al detrito bioclastico, proveniente da una adiacente e coeva rampa carbonatica, alla base delle arenarie di Sollacciano si rinvengono clasti eterometrici di pelagiti di provenienza interna.

Il contenuto organico delle peliti è sempre molto scarso e formato soprattutto da fossili rimaneggiati; tuttavia nella porzione basale del membro delle Fornaci Pontine si rinvengono microfaune del Tortoniano inferiore, appartenenti alla *zona a Neogloboquadrina acostaensis*.

In base al contenuto organico, le arenarie di Sollaciano si sarebbero deposte in un intervallo di tempo compreso tra il Burdigaliano *p.p.* e il Tortoniano basale.

- argille della Madonna di Coriano (olistoliti **am**). Lungo una fascia ad andamento meridiano, ubicata poco al di fuori dell'area del Foglio 402 "Ceccano" e compresa tra la dorsale di Monte Fammera, ad ovest, e l'allineamento Spigno Saturnia Nuovo-Colle Teto ad est, affiora una unità litostratigrafica prevalentemente pelitica, con rare intercalazioni di sottili livelli arenacei o siltosi, appartenente alla Successione del Torrente Ausente e caratterizzata da un assetto monoclinalico; lo spessore varia tra 250 a 350 metri. Tale unità rappresenta il deposito tardo-orogenico della successione in oggetto.

Il contatto tra le argille della Madonna di Coriano e le arenarie di Sollacciano non è mai visibile sul terreno perché obliterato dalle coperture eluvio-colluviali recenti.

Il contenuto organico, assai scarso, è rappresentato in prevalenza da microfaune rimaneggiate; raramente s'individuano livelli con microfaune oligotipiche e distrofiche del Messiniano inferiore.

Nella Valle del Torrente Ausente, al di sopra delle argille della Madonna di Coriano, si rinviene un primo lembo caoticizzato della Successione del Torrente Ausente (Complesso di Falvaterra), su cui si sono poi depositate le argille e gessi di Penitro, equivalenti alle argille della Cava di Gesso di Collepardo. Le argille e gessi di Penitro sono costituite per la massima parte da argille ed argille siltose con rare intercalazioni di sabbie argillose micacee. Esse affiorano, con uno spessore di 200-250 metri, al di fuori dell'area del Foglio, nella piana di Formia. Nella parte basale dell'unità è presente un orizzonte gessifero, dello spessore di 30-40 metri, costituito da alternanze di argille bituminose, gessi selenitici, gessi laminati, gessareniti e peliti gessifere. Le peliti sono risultate spesso sterili o contenenti forme rimaneggiate o poco significative. Martina (1974) descrive un orizzonte di salgemma dello spessore di 40-50 m alla base delle argille gessifere presso la località Fornaci.

In base alla presenza dei gessi, del salgemma e alla posizione stratigrafica al di sopra dell'unità pelitico-arenacea del Messiniano inferiore, si può ipotizzare che l'unità in esame si sia deposta nella parte basale del Messiniano superiore (evento a gessi-crisi di salinità).

PROGETTO CARG

Nello schema dei rapporti stratigrafici al Complesso di Falvaterra viene attribuita un'età corrispondente alla fase di mobilizzazione e caoticizzazione della Successione del Torrente Ausente e alla sua messa in posto gravitativa compresa tra la deposizione delle argille della Madonna di Coriano e la deposizione delle argille e gessi di Penitro (tav.3G). Parte alta del Messiniano inferiore.

3.2. - Considerazioni sul complesso di Falvaterra

Nell'area del Foglio 402 "Ceccano", diversi lembi dei termini appartenenti alla Successione del Torrente Ausente sono inglobati nel Complesso di Falvaterra, sia nella coltre interposta tra i depositi dell'Unità Simbruino-Ernica e la dorsale carbonatica aurunco-ausona, sia in quella affiorante all'interno della dorsale stessa.

Nell'area di Colle Cavallaro, ad est di Castro dei Volsci, come già descritto da Angelucci *et alii* (1963), si rinvengono placche scompaginate (olistoliti) dell'unità di Pulcherini sia dell'olistostroma Sicilide (**pa**), sia della *litofacies* calcarenitico-marnosa (**pc**), nonché lembi delle arenarie di Sollacciano (**as**). Nei dintorni di Falvaterra, Monte Leucio e in località Cavoni di Sant'Oliva, affiorano termini della litofacies calcarenitico-marnosa dell'unità di Pulcherini e delle arenarie di Sollacciano, che ancora presentano i legami stratigrafici originari.

Nei dintorni di un'antica cava d'argilla per la produzione di laterizi, in località Tordoni ad ovest di Pontecorvo, è presente un lembo di argille della Madonna di Coriano (**am**), mentre in località Le Mandre, poco ad est di Castro dei Volsci, si rinviene un limitato affioramento della formazione di M.te S. Giovanni Campano (**MVP**). Tra Pico e San Giovanni Incarico affiorano, infine, anche i conglomerati di Colle Grande (**PGC**).

1. Il Complesso di Falvaterra affiora sia alla base delle argille e gessi di Penitro (fuori dell'area del Foglio 402 "Ceccano") sia a letto del sovrascorrimento dell'Unità della Catena dei Volsci, sia all'interno di quest'ultima, dove i suoi lembi sono "intrappolati" tra le varie scaglie tettoniche che suddividono l'unità (Rossi *et alii*, 2001).
2. Come detto in precedenza il Complesso di Falvaterra è costituito esclusivamente dai vari termini della Successione del Torrente Ausente, che presentano un diverso grado di caoticizzazione, maggiore nei depositi prevalentemente pelitici basali, e molto minore per quanto riguarda la litofacies calcarenitico-marnosa e le arenarie di Sollacciano, che, pur essendo a luoghi interessate da strettissime pieghe, conservano ancora gli originari rapporti stratigrafici.
3. All'interno dell'Unità della Catena dei Volsci, il Complesso di Falvaterra è localizzato su stretti ripiani o all'interno di piccole depressioni, al *top* della successione carbonatica del Cretacico. La superficie dì appoggio è di solito suborizzontale o debolmente inclinata; in molti casi è rappresentata da crostoni

PROGETTO CARG

limonitico-ferruginosi, dello spessore di qualche centimetro, spesso striati. Tali crostoni sono impostati su diversi termini della successione cretacica. Sezioni sottili, eseguite su campioni di tali crostoni, prelevati in varie località (dintorni di Maranola, Montelanico, Segni- in Bergomi *et alii*, 1968, 1969, 1971; Centamore, dati inediti; Centamore *et alii*, 2007.), hanno rilevato la presenza di microfaune planctoniche del Cretacico inferiore-Eocene basale.

4. Secondo diversi Autori (Servizio Geologico d'Italia, 1966; Bergomi *et alii*, 1969; Naso & Tallini, 1993; Putignano 1993, 1994; Putignano & Ungaro, 1996) la Successione del Torrente Ausente farebbe parte della successione terrigena tortoniano-messiniana dei Monti Aurunci orientali e pertanto apparterrebbe all'Unità Simbruino-Ernica. Ma il contatto tra le arenarie della formazione di Frosinone, del Tortoniano superiore, e la sovrastante unità di Pulcherini, di età Oligocene superiore-Burdigaliano *p.p.,* è chiaramente tettonico, come è dimostrato anche dall'intensa tettonizzazione che ha interessato l'unità di Pulcherini stessa, caratterizzata da una notevolissima foliazione, da tettoniti s/c e da numerosi piani di taglio.
5. Il notevole contenuto bioclastico neritico, presente sia nelle litofacies calcarenitico-marnose dell'unità di Pulcherini, sia nelle arenarie di Sollacciano, indica un continuo apporto da una limitrofa e coeva rampa carbonatica produttiva, che potrebbe essere individuata all'interno del dominio laziale-abruzzese nell'adiacente settore Simbruino-Ernico.
6. Le arenarie di Sollacciano, caratterizzate da un assetto monoclinalico poco disturbato, sono all'incirca coeve dei calcari a Briozoi e Litotamni e dei depositi marnosi (formazione di Longano - Selli, 1957, marne a Cylindrites *auct*, unità calcareo-marnosa dei Fogli CARG Lazio e Abruzzo - Centamore *et alii*, 2006a, b, c, d, e in allestimento per la stampa) affioranti nelle adiacenti aree del dominio laziale-abruzzese. Esse, pertanto, sarebbero più antiche della formazione di Frosinone.

Alla luce di questi dati si possono fare alcune considerazioni:

1 La Successione del Torrente Ausente farebbe parte integrante dell'Unità della Catena dei Volsci. Centamore *et alii* (2007), sulla base del ritrovamento di forme planctoniche all'interno dei crostoni e dell'età Cretacico superiore-Paleogene dei depositi pelagici localizzati al disopra di tali crostoni, hanno ipotizzato un progressivo annegamento del settore aurunco-ausonio già dal Cretacico inferiore. Però durante successive operazioni di controllo e revisione[(2)] dei dati sono emersi nuovi elementi che permettono di modificare in parte tale ipotesi. Infatti le forme planctoniche rinvenute negli *hardgrounds* si sono rivelate più antiche dei depositi carbonatici sottostanti ai crostoni stessi. Inoltre la parte basale dell'unità di Pulcherini è costituita da litofacies ad affinità sicilidi ed è notevolmente caoticizzata. Tale assetto potrebbe essere dovuto alla messa in posto per gravità di un olistostroma del Complesso Sicilide proveniente dalla retrostante catena in

PROGETTO CARG

via di sviluppo. Su questo poi si sarebbe deposta in un ambiente di rampa-bacino, la litofacies calcarenitico-marnosa dell'unità di Pulcherini (tav.3B). Questi elementi indicherebbero una prima flessurazione del settore aurunco-ausonio durante l'Oligocene superiore-Burdigaliano *p.p.*. Pertanto, in base a questo ultimo dato, si può escludere una continuità tra la Dorsale dei Volsci e il settore più settentrionale, esteso dai M.ti Prenestini alla dorsale del M.te Navegna, come ipotizzato da Centamore *et alii* (2007), poiché la Dorsale dei Volsci è annegata più tardi del settore settentrionale.Sempre, tenendo conto dei dati sopra riportati, la linea Olevano-Antrodoco (o linea Olevano-Micciani, Centamore & Nisio, 2002, 2003) e il Sovrascorrimento dei Volsci rappresenterebbero elementi strutturali ben distinti tra tra loro, con attività assai diversificate nel tempo e nello spazio. Le forme planctoniche rinvenute all'interno dei crostoni potrebbero appartenere a lembi dell'olistostroma del Complesso Sicilide, rimasti intrappolati nel crostone stesso durante la messa in posto dell'olistostroma, oppure durante lo scollamento della Successione del Torrente Ausente, nel corso delle fasi di costruzione della catena. Le superfici striate rinvenute sui crostoni rappresenterebbero l'effetto dello scollamento del complesso più duttile (unità di Pulcherini) sul substrato carbonatico, dal comportamento più fragile, avvenuto durante le fasi compressive. Tale ipotesi concorda con quella di Manfredini (in Bergomi *et alii*, 1969);

2. Le arenarie di Sollacciano indicano invece il coinvolgimento nel dominio d'avanfossa dell'Unità della Catena dei Volsci, durante il Miocene inferiore-medio (tav.4C). Il notevole contenuto bioclastico neritico rinvenuto in tali arenarie, denuncia la provenienza da un'adiacente e coeva rampa carbonatica, che potrebbe essere localizzata nel settore più interno dell'Unità Simbruino-Ernica. Ciò escluderebbe la presenza di un bacino pelagico interposto tra l'Unità della Catena dei Volsci e l'Unità Simbruino-Ernica, come ipotizzato da vari Autori (Perrone & Sgrosso, 1980; Cippitelli, 2005). Pertanto l'Unità della Catena dei Volsci rappresenterebbe il settore più interno del Dominio carbonatico laziale-abruzzese.
3. La deposizione degli altri termini della Successione del Torrente Ausente (argille della Madonna di Coriano, argille e gessi di Penitro, formazione di Monte San Giovanni Campano, conglomerati di Colle Grande) si sarebbe realizzata in vari ambienti di bacino satellite, durante le fasi di costruzione dell'edificio a pieghe e sovrascorrimenti di questo settore dell'Appennino centrale, in cui si evidenziano numerose riattivazioni della tettonica compressiva (tav.4E-4H).

---

[2] *A questo proposito si ringraziano i colleghi che hanno partecipato ad una escursione di controllo sul terreno, in particolar modo P. Scandone, E. Patacca, G. Deiana, F. Capotorti e C. Muraro, per le proficue e interessanti discussioni*

PROGETTO CARG

4. L'attuale assetto tettonico dell'Unità della Catena dei Volsci è rappresentato da una complessa struttura a *duplex*, il cui termine inferiore è costituito dalla Successione del Torrente Ausente, affiorante nella valle del Torrente Ausente, e quello superiore dai termini carbonatici dell'Unità della Catena dei Volsci, a loro volta suddivisi in una serie di scaglie tettoniche minori; tra questi è intercalato un lembo del Complesso di Falvaterra, che costituisce l'elemento intermedio della struttura a *duplex*.

4. - DEPOSITI TARDO E POSTOROGENICI MIO-PLIOCENICI

(*Litostratigrafia:* E. Centamore, P. Di Manna & D. Rossi;
Biostratigrafia: P. Didaskalou)

4.1. - Generalità

Al disopra del Complesso di Falvaterra e dei depositi di entrambe le due Unità tettoniche principali affiorano la formazione di Monte San Giovanni Campano (**MSG**), i conglomerati di Colle Grande (**PGC**) e la formazione di S.Ambrogio sul Garigliano (**SBG**).

4.1.1. - *Formazione di Monte San Giovanni Campano* (**MVP**)

Al di sopra della coltre caotica affiorano, in lembi limitati dello spessore di 40-50m, depositi molto simili a quelli ben esposti, al di fuori dell'area del Foglio 402 "Ceccano", nei dintorni di Monte San Giovanni Campano, e presenti localmente anche in alcuni tratti della Dorsale simbruino-ernica, in discordanza sui depositi più antichi corrugati ed erosi.

La parte basale dell'unità è costituita da arenarie e calcareniti bioclastiche giallastre, in strati spessi e molto spessi, e a luoghi amalgamati. Questi depositi passano superiormente ad alternanze ritmiche, sottilmente stratificate, di marne scure e di marne chiare laminate e bituminose.

La successione termina con un'associazione pelitico-arenacea.

Bassani (1909), che ha studiato i depositi affioranti in Contrada Le Mandre, nei pressi di Castro dei Volsci, ha riconosciuto nelle marne chiare faune a Pesci di ambiente marino e salmastro, e in quelle scure faune a Pesci d'acqua dolce, unitamente ad altri organismi di ambiente continentale e a resti di piante e di lignite. Egli riferisce tali depositi al Pontico *s.l.* (Messiniano superiore) ed ipotizza un ambiente di deposizione variabile alternativamente da lago-mare, con scambi con il mare aperto, a francamente continentale. Compagnoni (1964) rinviene nelle arenarie basali della successione di Monte S. Giovanni Campano una macrofauna

PROGETTO CARG

che considera pliocenica. Accordi (1964), sulla base di considerazioni personali di Ruggieri e Conato , contesta tale datazione ed attribuisce la successione in esame al Messiniano. Devoto (1967), riconosce nella fascia centrale Simbruino-Ernica litofacies conglomeratico-sabbioso-argillose del Messiniano medio-superiore, in facies salmastre fino ad oligoaline e dulcicule, con resti di piante, Planorbidi ed Ostracodi. Alla base della successione (Fosso Fioio) individua un livello vulcanoclastico, la cui composizione mineralogico-petrografica è identica a quella del livello guida dei depositi post-evaporitici del bacino marchigiano-abruzzese (età 5.5 Ma). Per Carrara & Conato (1990), le successioni di Monte S. Giovanni Campano e delle Fornaci di Arpino si sarebbero deposte nel Messiniano in un ambiente di mare sottile con condizioni euxiniche e resti vegetali. Pasquali *et alii* (2007), invece attribuiscono alle Arenarie di Monte S. Giovanni Campano un'età messiniana inferiore e le considerano eteropiche alle Arenarie di Torrice. Per tali Autori le litofacies argillose superiori (argille azzurre di Compagnoni, 1964) sarebbero invece eteropiche delle argille con gessi di Collepardo (Devoto, 1967; Cipollari & Cosentino, 1995; Cipollati *et alii*, 1999) e quindi la loro età corrisponderebbe all'evento a gessi (crisi di salinità - base del Messiniano superiore).

Le alternanze di livelli con faune marine oligotipiche e distrofiche e livelli con organismi di ambiente da salmastro a continentale, e la presenza di piccoli cristalli e granuli di gesso nei depositi della formazione di Monte S. Giovanni Campano è analoga a quella dei depositi di lago-mare della fascia periadriatica romagnola-marchigiano-abruzzese (argille a colombacci *Auct.* - membro post-vulcanoclastite della formazione della Laga, Centamore *et alii*, 2003a, 2003b *cum biblio*) della parte alta del Messiniano superiore, zona atipica *p.p.*

4.1.2. - *Conglomerati di Colle Grande* (**PGC**)

Questi affiorano in limitati lembi dello spessore di 50-80m, in discordanza sugli altri termini della successione, sia all'interno dell'area studiata (dintorni di S. Giovanni Incarico-Colle Grande) sia fuori area (sulla piccola collina di S. Antonio, nei pressi delle Antiche Fornaci della Stazione di Formia, e nei pressi della Masseria Caramanna).

Essi sono costituiti da conglomerati poligenici a diverso grado di cementazione, con clasti arrotondati ed eterometrici (da pochi centimetri a 30÷40 centimetri di diametro), derivanti principalmente dai vari termini della Successione del Torrente Ausente e, in notevole quantità, anche da rocce intrusive acide, da rocce metamorfiche e da arenarie micacee verdastre; mancano del tutto clasti carbonatici provenienti dalla locale successione meso-cenozoica. Nei conglomerati sono intercalate lenti di argille in cui si rinvengono talora faune di lago-mare. Tali conglomerati sono del tutto simili a quelli che chiudono la

PROGETTO CARG

successione messiniana dell'Italia centrale, e che rappresentano i resti di apparati di delta-conoide che si sviluppavano ai bordi di un vasto arcipelago caratterizzato da un generale ambiente di lago-mare.

Parte alta del Messiniano superiore.

4.1.3. - *Formazione di S. Ambrogio sul Garigliano* (**SBG**)

Questa unità, con cui si chiude la sedimentazione marina dell'area studiata, affiora sia sul settore ausono-aurunco che in quello simbruino-ernico. Essa è ben esposta lungo la dorsale di S. Ambrogio sul Garigliano (Accordi *et alii,* 1967), fuori dell'area del Foglio 402 "Ceccano", dove sono state distinte due litofacies; una prevalentemente sabbiosa (**SBG$_a$**) ed una prevalentemente ghiaioso-sabbiosa (**SBG$_b$**), entrambe discordanti sui vari termini, corrugati ed erosi, delle successioni affioranti nell'area. La litofacies sabbiosa (**SBG$_a$**), dello spessore di un centinaio di metri, è costituita da sabbie giallastre a granulometria medio-grossolana, in strati spessi o massivi, talora amalgamati e spesso laminati, con intercalazioni di argille e argille siltose verdastre in strati sottili e medi. Vi si rinviene un abbondante macrofauna a *Pecten, Ostrea, Venus*, mentre la microfauna è caratterizzata dalla presenza di *Sphaeroidinellopsis* sp., *Globorotalia margaritae* Bolli, *Globorotalia puncticulata* (Deshayes), caratteristici del Pliocene inferiore. La litofacies affiora con maggiori evidenze nei dintorni di Fraioli, non lontano da Rocca d'Arce, ed in corrispondenza dei rilievi collinari nell'area compresa tra le località Cavatelle e Madonna del Piano, ad est di Castro dei Volsci. Per Pasquali *et alii* (2007) le arenarie massive di Fraioli apparterrebbero al Sintema delle Arenarie di Torrice del Messiniano inferiore.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa (**SBG$_b$**) affiora in lembi più o meno estesi dello spessore massimo di 100m, in località Cavatelle, Colle della Pece, Colle Pecorello e Colle San Giorgio (a sud e sudest di Pico), e nella conca di Pastena. Essa è costituita da conglomerati con clasti generalmente ben arrotondati, eterometrici, immersi generalmente in una matrice sabbiosa, talora con cemento calcareo. Alcune volte presentano una stratificazione grossolana in strati massicci, altre volte una giacitura caotica. Parte dei clasti deriva dallo smantellamento del Complesso di Falvaterra, e di lembi di rocce cristalline e metamorfiche di provenienza tirrenica. Una buona parte dei clasti deriva però dallo smantellamento di rocce carbonatiche delle successioni locali. Nelle lenti argillose intercalate ai conglomerati sono state rinvenute microfaune e macrofaune riferibili al Pliocene inferiore.

L'unità sembra essersi depositata in apparati di delta-conoide coalescenti, al bordo di un vasto arcipelago neritico; tali apparati erano alimentati anche dalle limitrofe successioni carbonatiche che andavano esumandosi progressivamente.

Pliocene inferiore.

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

VII - STRATIGRAFIA DEI DEPOSITI CONTINENTALI E VULCANICI PLIO-PLEISTOCENICI

(*Litostratigrafia:* E. Centamore, F. Dramis, P. Di Manna & D. Rossi;
Biocronologia: M. L. Palombo;
Litostratigrafia del vulcanico: D. M. Palladino & V. Zanon)

1. - DEPOSITI CONTINENTALI E VULCANICI

1.1. - Premessa

I depositi continentali plio-quaternari e vulcanici sono stati riuniti in unità UBSU, tenendo conto di importanti elementi di separazione (discordanze, paleosuoli) direttamente visibili sul terreno o estrapolabili in base a considerazioni stratigrafiche e geomorfologiche; considerazioni analoghe sono state utilizzate per correlare depositi quando gli stessi risultavano tra loro distanti o comunque separati da discontinuità morfologiche.

Per quanto riguarda i terreni vulcanici affioranti nel Foglio 402 "Ceccano" essi fanno parte del sintema del Lago Lirino e sono riferibili al Distretto Vulcanico della Media Valle Latina (Pasquarè *et alii*, 1979), noto anche più impropriamente come dei Monti Ernici (Murchison, 1850; Ponzi, 1858a, 1858b e Branco, 1877), e al contesto più generale del magmatismo alcalino-potassico quaternario

peritirrenico dell'Italia centrale (Provincia Romana *Auct.*). Nella porzione nord-occidentale del foglio in esame, fra gli abitati di Ceccano ad ovest e Ceprano ad est, si rinvengono i prodotti relativi a numerosi centri eruttivi essenzialmente monogenici e di modeste dimensioni (tav. 2). Tali vulcaniti sono costituite prevalentemente da piroclastiti da caduta e da *surge*, deposte nel corso di eventi hawaiiani-stromboliani o idromagmatici (in particolare freatomagmatici), e più più limitatamente da colate laviche. Complessivamente i prodotti vulcanici ed i loro equivalenti rimaneggiati coprono un'area di circa 35 km^2.

Nell'area investigata sono state riconosciute morfologie vulcaniche a diverso grado di conservazione (depressioni ed orli craterici), riconducibili a numerosi centri eruttivi radicati (coni di scorie, *spatter cone*, coni di tufo ed anelli di tufo). Nei casi in cui le morfologie risultavano ormai pressoché totalmente obliterate, è stato talvolta possibile ipotizzare la presenza di centri eruttivi sulla base della tipologia (tessitura e granulometria), giacitura e distribuzione areale dei relativi prodotti.

Il rilevamento dei terreni vulcanici è stato eseguito mediante un criterio essenzialmente litostratigrafico. Per la distinzione delle unità e subunità informali e la loro attribuzione ai vari centri identificati o presunti, ci si è basati sui caratteri litologici (sia della frazione juvenile che di quella litica) e tessiturali indicativi dei meccanismi di eruzione, trasporto e deposizione dei prodotti. Inoltre, particolare attenzione è stata rivolta all'identificazione di discontinuità stratigrafiche (evidenziate ad es. da paleosuoli, superfici di erosione, intercalazioni di depositi fluvio-lacustri) testimonianti periodi di stasi più o meno significativi nell'attività vulcanica.

Le analisi minero-petrografiche e chimiche hanno costituito un valido ausilio nella caratterizzazione dei prodotti, a conferma delle distinzioni e correlazioni effettuate sul terreno. Le composizioni chimiche delle vulcaniti riportate in legenda e nella descrizione delle unità fanno riferimento al diagramma classificativo TAS (Le Bas *et alii*, 1986), in accordo con Innocenti *et alii* (1999). In alcuni casi, ove non si disponga di analisi chimica, viene riportata la classificazione petrografica sulla base della paragenesi dei minerali fondamentali osservata in sezione sottile. Gli aspetti chimico-petrografici sono trattati specificamente nel Capitolo VIII.

Come già accennato, le vulcaniti affioranti rappresentano il prodotto di un'attività prevalentemente esplosiva di intensità e magnitudo relativamente modesta, caratterizzata dall'alternanza di eruzioni, o fasi eruttive nell'ambito di singoli eventi, hawaiiane-stromboliane ed idromagmatiche (rispettivamente con meccanismi di messa in posto prevalentemente per caduta e *surge* piroclastico), e subordinatamente effusiva (lave in colata e in modesti espandimenti). Va precisato che la connotazione genetica degli stili eruttivi, con particolare riferimento alla distinzione di eruzioni o fasi eruttive magmatiche da quelle idromagmatiche, è stata attribuita in questa sede sulla base delle sole osservazioni di terreno ritenute tipiche nella letteratura vulcanologica, e pertanto è da ritenersi

PROGETTO CARG

solo indicativa. In particolare, vengono considerate tipiche delle eruzioni o fasi eruttive idromagmatiche le seguenti caratteristiche: la scarsa vescicolazione della componente juvenile (o comunque l'ampia variabilità di tale caratteristica); l'abbondanza di inclusi litici rappresentativi dell'acquifero coinvolto nell'interazione esplosiva con il magma; l'elevato grado di frammentazione dei depositi; la prevalenza di associazioni di facies indicative di meccanismi di messa in posto da *surge* piroclastico (contraddistinte da stratificazione, laminazione piano-parallela ed incrociata, dune a basso angolo, livelli a gradazione inversa da tappeto di trazione, ecc.); la distribuzione dei depositi a formare morfologie tipiche quali anelli o coni di tufo.

Particolarmente diffusi e intercalati a vari livelli stratigrafici appaiono inoltre i depositi vulcanoclastici secondari derivanti dal rimaneggiamento sin- e post-eruttivo delle coltri vulcaniche ad opera delle acque correnti o della gravità. Per quanto riguarda le coperture vulcanoclastiche recenti ed attuali (*alluvium/colluvium*), esse sono state cartografate laddove, per il loro cospicuo spessore, non è stato possibile riconoscere le unità vulcaniche immediatamente sottostanti (cfr. "l", Cap. VII.1.1.7).

Si rimarca che la ricostruzione dei caratteri deposizionali, degli spessori e della stratigrafia interna delle unità vulcaniche di seguito descritte è spesso incompleta data la frammentarietà degli affioramenti e il diffuso rimaneggiamento dei prodotti. Inoltre, il carattere stesso dell'attività eruttiva, con la conseguente limitata distribuzione areale dei prodotti delle singole unità, fa sì che non siano stati rinvenuti orizzonti guida che consentissero correlazioni stratigrafiche estese all'intera area. Nella maggior parte dei casi, è stato possibile ricostruire con un discreto margine di affidabilità la cronologia relativa fra centri adiacenti, ma non fra quelli isolati. Pertanto il quadro stratigrafico generale presenta alcune incertezze che possono essere risolte solo in parte con l'ausilio delle nuove analisi geocronologiche $^{40}Ar/^{39}Ar$ (Boari *et alii*, 2009 e presente lavoro; cfr. VIII.5).Per questi motivi, si ritiene comunque che non sussistano i requisiti soddisfacenti per un'eventuale formalizzazione delle unità vulcaniche distinte in questo lavoro.

Parallelamente alla ricostruzione delle successioni eruttive condotta con criteri litostratigrafici, vulcanologici e composizionali, è stato affrontato il problema dell'inquadramento delle unità vulcaniche nel più ampio contesto delle unità stratigrafiche a limiti inconformi (UBSU). In generale, il rango delle superfici di *unconformity* osservate nell'ambito delle successioni vulcaniche affioranti riveste un significato meramente locale, dettato dall'evoluzione dei centri eruttivi, dai meccanismi di messa in posto delle vulcaniti e dai processi di rimaneggiamento dei prodotti eruttivi. Nella gran maggioranza dei casi non è quindi possibile, fra le numerose discontinuità stratigrafiche che caratterizzano le successioni vulcaniche oggetto di studio, identificare né estrapolare in maniera attendibile le principali superfici di *unconformity* (di rango sintemico o subsintemico) riconosciute negli

PROGETTO CARG

adiacenti terreni sedimentari. L'età radiometrica delle lave di Fosso Meringo (0,4 Ma, Basilone & Civetta, 1975), affioranti subito sopra il livello guida delle argille lignitifere - localizzato sulla superficie di discontinuità che separa i due subsintemi **LRN_1** e **LRN_2** - permette di correlare le unità vulcaniche del settore di Pofi con il contesto UBSU e di indicare con una certa approssimazione l'età della porzione basale dei depositi di **LRN_2**. Inoltre, per porre in maggior risalto l'attività eruttiva del settore di Pofi e la sua espressione morfologica, si è ritenuto opportuno far ricorso anche ad un'altra categoria di unità informali, ossia i litosomi. Pertanto le unità litostratigrafiche di questo settore sono state raggruppate entro un litosoma denominato Vulcano di Pofi. Uno schema di correlazione stratigrafica tra le vulcaniti dei diversi settori e fra queste e i depositi sedimentari quaternari è illustrato a cornice del foglio geologico.

Inoltre il rinvenimento di livelli di tefra datati nei depositi lacustri del sintema del Lago Lirino, per i quali è ipotizzabile una provenienza dai Colli Albani, consente una correlazione con l'attività dei maggiori distretti vulcanici della Provincia Romana. Pertanto, in relazione alla stratigrafia UBSU ricostruita per i terreni sedimentari e vulcanici quaternari dei fogli geologici adiacenti al margine tirrenico laziale, è possibile correlare l'attività vulcanica del settore in studio, su base puramente tefrocronologica, con quella sviluppatasi nell'ambito del supersintema Aurelio-Pontino.

1.1.1. - *Formazione di Santopadre* (**SAP**)

I depositi di tale formazione poggiano in discordanza su una superficie basale corrispondente al substrato eroso e sono chiusi al tetto da una superficie sommitale di erosione.

Fanno parte della formazione di Santopadre i primi sedimenti continentali deposti nell'area in esame dopo la fine delle fasi compressive e subito dopo la completa emersione della dorsale appennica. Si tratta di depositi di piana alluvionale interdigitati con depositi di conoidi coalescenti. Questi ultimi sono localizzati principalmente sul bordo nord-occidentale e su quello nord-orientale di un vasta depressione tettonica, il bacino tettonico di Rocca d'Arce - Santopadre. Tale bacino è delimitato dalla Valle del Fiume Melfa ad est, dalle dorsali carbonatiche di Rocca d'Arce a sud, dagli allineamenti Madonna Val Radice - Cicerchia - Castelliri - Fontana Liri a NO, e dal lato sinistro della valle del Fiume Fibreno a NE. Gli apparati di maggiore importanza sono posti allo sbocco della Valle Roveto e del Fiume Amaseno. All'interno della formazione, il cui spessore può localmente raggiungere e superare i 500 metri, sono state distinte due principali associazione di facies, variamente alternate tra loro: l'associazione sabbioso-limosa (**SAP_a**) e l'associazione ghiaioso-sabbiosa (**SAP_b**).

PROGETTO CARG

- *Associazione sabbioso - limosa* (**SAP$_a$**)

E' costituita da sabbie moderatamente cementate in strati da spessi a massivi, a luoghi con laminazione parallela. Verso l'alto, le sabbie passano a limi sabbiosi e ad argille grigio chiare, in strati sottili e medi. In questa associazione si rinvengono locali intercalazioni, a geometria lenticolare, di conglomerati con clasti subarrotondati eterogenei ed eterometrici. Nelle intercalazioni argillose si rinvengono resti di ostracodi e molluschi di ambiente lacustre, scarsamente indicativi dal punto di vista cronologico.

L'associazione sabbioso-limosa forma orizzonti a geometria quasi tabulare, dello spessore massimo di circa 50 metri.

- *Associazione ghiaioso - sabbiosa* (**SAP$_b$**)

Tale associazione è anch'essa organizzata in orizzonti a geometria generalmente tabulare, a luoghi di notevole spessore, fino a 80÷100 metri.

Essa è costituita prevalentemente da conglomerati poligenici, tra cui prevalgono i clasti carbonatici delle successioni affioranti nelle aree circostanti. Sono presenti inoltre clasti arenacei provenienti dai depositi torbiditici tortoniani e messiniani, ed elementi allotigeni quali granito, filladi e rocce intrusive acide. I clasti, per lo più ben arrotondati e subordinatamente sub-angolari, sono generalmente immersi in una matrice sabbioso-argillosa, talora incoerente, mentre a luoghi sono cementati da materiali a forte componente carbonatica. Nei conglomerati sono intercalati livelli e lenti sabbioso-limose, con rapporti latero-verticali assai variabili.

Le facies di questa associazione sono caratteristiche di depositi fluviali a canali intrecciati.

La parte alta dei depositi della formazione di Santopadre e i rilievi carbonatici circostanti sono stati sottoposti a processi di erosione areale, con la formazione di una paleosuperficie sub-orizzontale, incassata in quelle più antiche, su cui si sono sviluppati intensi processi carsici. Successivamente, un'attività tettonica estensionale particolarmente intensa ha dislocato e dissecato sia i depositi della formazione in esame, sia le paleosuperfici.

Nei pressi della faglia che borda la dorsale di Rocca d'Arce gli strati conglomeratici presentano pendenza superiore a 60°.

L'età della formazione, permane incerta in quanto non sono stati rinvenuti elementi paleontologici cronologicamente significativi (verso la base sono presenti ostracodi e molluschi dulcicoli banali). Tuttavia, considerando i rapporti relativi tra questa ed i termini continentali più recenti, nonché l'evoluzione morfologica dell'area studiata, è possibile riferire la formazione al VILLAFRANCHIANO inferiore (PLIOCENE medio-superiore *p.p.*).

PROGETTO CARG

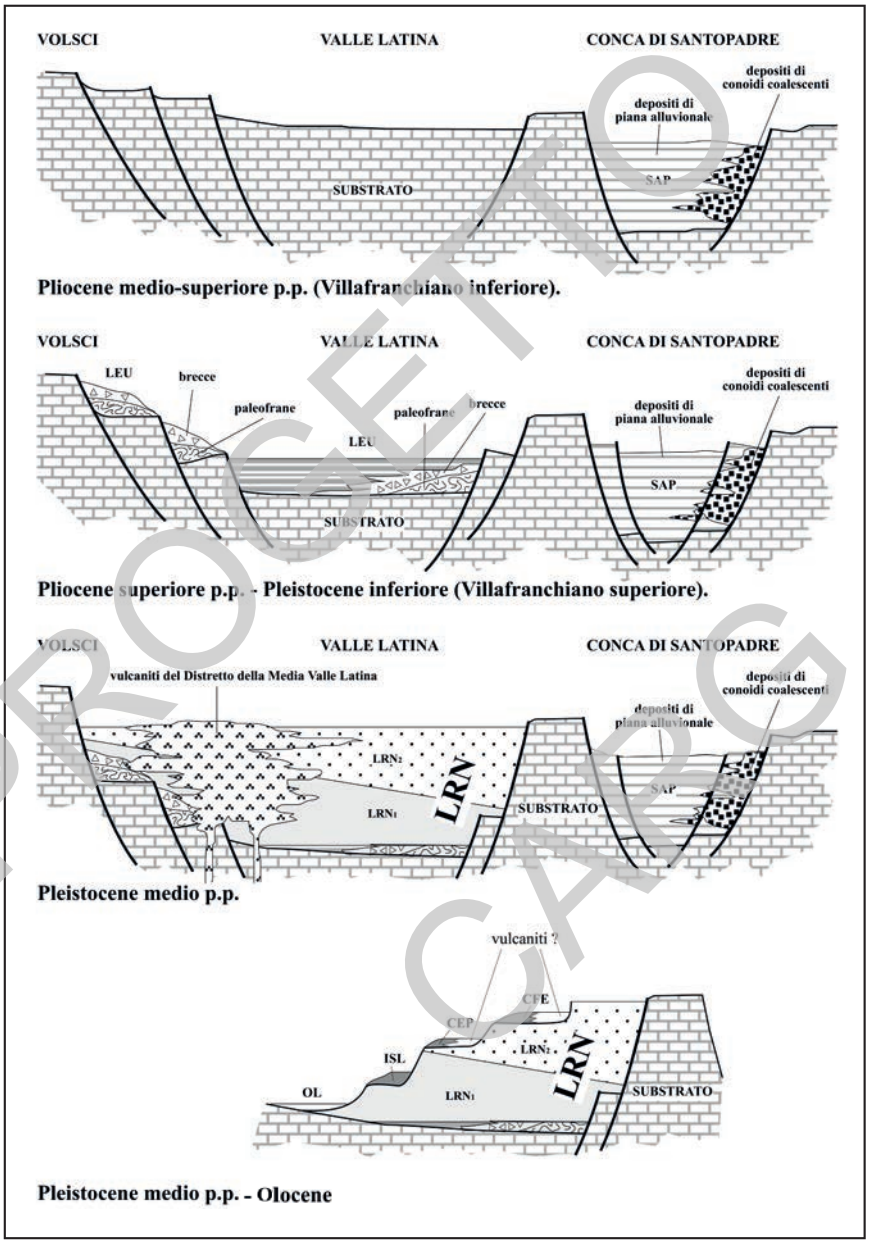


Fig. 9 - *Schema dell'evoluzione morfo-strutturale della Valle Latina dal Pliocene medio all'Olocene.*

PROGETTO CARG

1.1.2. - *Sintema di Monte Leucio* (**LEU**)

Dopo la formazione del bacino tettonico di Rocca d'Arce - Santopadre, si osserva nella Valle Latina il primo abbozzo di una nuova depressione tettonica, quella del paleo-Lago Lirino, in cui andavano a depositarsi sedimenti lacustri, fluvio-lacustri, scivolamenti in blocco antichi e brecce di versante cementate (**LEU_a**) che costituiscono il sintema di Monte Leucio (**LEU**), attribuibile al Pleistocene inferiore. Generalmente le paleofrane sono costituite, oltre che da ammassi caotici, da intere porzioni di versante franate in blocco, e successivamente ricoperte da brecce cementate. Molto psesso tali depositi mostrano evidenti tracce di risedimentazione in tempi più recenti. Tali depositi sono delimitati a tetto e a letto da superfici erosionali.

Nell'area affiorano solo pochi lembi di questo sintema,visibilmente dislocati dalla tettonica estensionale e localizzati su limitate spianate nei dintorni di Pico, San Giovanni Incarico, Monte Leucio, dove sono presenti resti di accumuli di paleofrana e brecce di versante cementate, nei dintorni di Monte Grande, dove affiorano rari ciottolami fluvio-lacustri, a Colle della Pece, dove affiorano i resti di una conoide alluvionale e nell'area del Fiume Sacco, in contrada Campo del Conte, dove in un taglio effettuato nel letto del F. Sacco durante gli scavi effettuati per la nuova linea ferroviaria ad alta velocità (T.A.V.) Roma-Napoli, a cura della Soprintendenza per i beni Archeologici del Lazio (Zarattini, 1999), si rinvengono al disotto di depositi più recenti depositi lacustri contenenti scarsi resti di mammiferi, un cervide di media taglia (*Pseudodama* sp.), e *Mammuthus meridionalis* (Nesti) i cui caratteri consentono un riferimento al tardo Villafranchiano superiore-Galeriano inferiore (Palombo *et alii*, 2003a).

1.1.3. - *Sintema del Lago Lirino* (**LRN**)

Una fase estensionale particolarmente intensa, sviluppatasi durante il Pleistocene medio inferiore, ha determinato la formazione del bacino del Lago Lirino. All'interno di questo si sono sedimentati i depositi del sintema del Lago Lirino, di cui fanno parte sia depositi lacustri e fluvio-lacustri che le vulcaniti del Distretto della Media Valle Latina. All'interno del sintema è stato possibile distinguere due sub-sintemi separati da una superficie erosionale: subsintema di Forma Quesa (**LRN_1**) e subsintema di Pontecorvo (**LRN_2**).

Per quanto riguarda le vulcaniti, queste a luoghi poggiano in chiara discordanza angolare sui più antichi depositi marini, profondamente disarticolati dalla tettonica e dai processi erosionali. Comunemente i prodotti piroclastici si sono deposti in un ambiente subacqueo, come mostrano frequentemente i depositi lacustri e palustri alla base delle successioni vulcaniche o ad esse intercalati. Anche i prodotti

PROGETTO CARG

piroclastici di deposizione subaerea risultano esser stati più o meno estesamente rimobilizzati dalle acque dilavanti e/o da fenomeni gravitativi o, come si osserva nel settore occidentale, sepolti dalle spesse coltri alluvionali recenti del Fiume Sacco. Questi fattori contribuiscono a rendere incerta la ricostruzione dettagliata dei rapporti stratigrafici tra i diversi centri eruttivi e quindi della successione degli eventi estesa all'intera area rilevata. A chiusura delle successioni vulcaniche, si rinvengono localmente delle modeste coperture di travertino, come alla periferia orientale dell'area vulcanica di Pofi, presso l'Autostrada del Sole.

Le vulcaniti relative all'attività dei centri eruttivi ubicati lungo la Valle del Fiume Sacco, a SE dell'abitato di Ceccano, consistono prevalentemente in depositi piroclastici da caduta e da *surge* di stile idromagmatico, frequentemente rimaneggiati e di limitata distribuzione areale. Inoltre si rinvengono prodotti da coni di scorie, talora con associate colate laviche di volume esiguo (ordine di 10^5 m^3). Si riconoscono le seguenti unità: Colle Rosso, Colle Farneta, Colle Spinazzeta, Fiano e Colle Capirolo, per le quali è possibile una ricostruzione sia pure parziale dei rapporti stratigrafici. Inoltre, ai piedi della dorsale dei Monti Ausoni, lungo il percorso della nuova linea ferroviaria T.A.V., sono stati individuati una serie di piccoli centri eruttivi isolati, costituiti da prodotti idromagmatici (da *surge* piroclastico e caduta) e hawaiiano-stromboliani (coni di scorie e *spatter*), con associate modeste colate laviche piuttosto alterate. Per le relative unità distinte (Colle Vento, Selva Piana e Colle Trinfe Derimbo), così come per l'unità di Arnara, relativa ad un ulteriore centro eruttivo localizzato in prossimità dei primi rilievi della dorsale appenninica (4 km a ENE di Ceccano) non è possibile stabilire le relazioni di terreno.

Nell'area di Pofi si riscontra la presenza di diversi centri eruttivi coalescenti, talora in parte riconoscibili per caratteri geomorfologici e/o per caratteri deposizionali diagnostici di facies vulcaniche prossimali (ad es. presenza di depositi di brecce grossolane ricche di litici, bastioni di scorie e depositi di *spatter* da fontana di lava). La persistenza di un sistema d'alimentazione magmatico in un'area piuttosto ristretta e la sovrapposizione dei prodotti di una prolungata attività vulcanica hanno portato all'edificazione di un apparato poligenico che trova un'espressione morfologica evidente nel paesaggio attuale e che può essere pertanto definito come litosoma, qui denominato Vulcano di Pofi. In tale litosoma sono state distinte 9 unità informali: Colle la Grotta, Colle della Mola, Colle Sciassa, Colle Quartarano, lave di Fosso Meringo, Pofi, Colle Marte, Colle Rovere e Mola a Vento.

Infine, l'unità di Colle Borello raggruppa depositi vulcanoclastici, sia primari che più o meno rimaneggiati, relativi ad un intervallo stratigrafico presumibilmente ampio e scarsamente definito nell'ambito della successione ricostruita, in quanto i caratteri litologici e tessiturali non ne consentono un'attribuzione attendibile a specifici centri eruttivi identificati nell'area rilevata, né d'altra parte vi

PROGETTO CARG

sono indizi vulcanologici o geomorfologici a favore dell'individuazione di ulteriori centri radicati.

L'età del sintema è riferibile al Galeriano medio superiore - Aureliano inferiore.

1.1.3.1.- Subsintema di Forma Quesa (**LRN$_1$**)

I depositi relativi a tale subsintema, dello spessore di 60-130 m, sono caratterizzati da limi calcarei bianchi, in cui si intercalano, a varie altezze stratigrafiche, tufiti gradate scure; essi sono correlati con i "limi lacustri inferiori" *sensu* Devoto (1965), contraddistinti dalla presenza di abbondanti resti di Molluschi, Ostracodi e Diatomee, queste ultime indicative di una deposizione in condizioni di clima temperato-fresco (per ulteriori dettagli si rimanda a Devoto, 1965 e Settepassi & Verdel, 1965). Anche questi depositi, riferibili al Pleistocene medio basale *p.p.,* sono delimitati a tetto e a letto da superfici erosionali e appaiono basculati e dislocati dalla tettonica estensionale.

Poco fuori l'area del Foglio 402 "Ceccano", nei dintorni di Pontecorvo, nella porzione medio-bassa di questo sintema, sono stati rinvenuti orizzonti tufitici datati 583.000±11.000 anni e 570.000±11.000 anni con il metodo K/Ar (Vezzoli, 1987; Narcisi, 1995), che costituiscono un buon livello guida. Nella stessa area sono stati inoltre rinvenuti sottili livelli di scorie millimetriche grigio scure, ricchi di cristalli di biotite, intercalati ai depositi lacustri di **LRN$_1$**. Le caratteristiche tessiturali e composizionali indicano del tutto probabile una loro deposizione per caduta ed una correlazione all'attività del Distretto Vulcanico dei Colli Albani, ed in particolare alla fase iniziale di attività del Tuscolano-Artemisio fra 0,56 e 0,53 Ma (Palladino *et alii*, 2001).

Intercalati ai depositi continentali di questo subsintema si trovano i depositi vulcanici delle seguenti unità: Colle La Grotta, Colle della Mola, Colle Sciassa e Colle Quartarano, appartenenti all'attività antica del Vulcano di Pofi.

L'età del subsintema è riferibile al Galeriano (*sensu* Palombo 2005) medio-superiore.

1.1.3.2. - Unità di Colle la Grotta (**ULG**)

I depositi piroclastici relativi a quest'unità affiorano prevalentemente presso l'omonima località, 2,5 km a SO di Pofi, e più limitatamente poco a sud dell'abitato stesso. Sulla base dei caratteri giaciturali e delle relazioni stratigrafiche definibili, tali depositi sembrerebbero rappresentare i prodotti più antichi del Vulcano di Pofi. Poggiano infatti direttamente a contatto con il substrato sedimentario miocenico (formazione di Frosinone) o localmente su depositi lacustri pleistocenici (**LRN$_1$**);

PROGETTO CARG

sono ricoperti dalle piroclastiti dell'unità di Colle della Mola o, dove quest'ultime sono assenti, da quelle dell'unità di Colle Sciassa. Presso l'abitato di Pofi costituiscono il termine inferiore della successione vulcanica locale, sul quale poggiano i depositi delle unità di Colle Quartarano e Pofi.

Lungo i tagli di una cava dismessa nella località-tipo di Case Nirchi (presso Colle La Grotta), sono esposte due bancate cineritiche principali, rispettivamente dello spessore di 1,5 e 0,5 m, coerenti, a laminazione piano-parallela, contenenti lapilli accrezionali, litici lavici millimetrici e sporadici clasti con strutture da impatto, riferibili ad episodi idromagmatici, separati da un orizzonte di scorie e litici lavici grigi da caduta, dello spessore di 40 cm. Segue un caratteristico banco di spessore metrico, costituito da bombe e lapilli scoriacei neri (fino a 15 cm), a chimismo shoshonitico nel diagramma TAS, contenente blocchi litici arenitici balistici finanche di mezzo metro, che mostra invece un carattere stromboliano. Superiormente si osserva un'alternanza di sottili livelli cineritici (fra i quali livelli di tufi vescicolati rosati da *wet pyroclastic surge*), nuovamente indicativi di uno stile idromagmatico, e orizzonti da caduta costituiti prevalentemente da litici arenitici alterati, litici lavici e bombe subdecimetriche microvescicolate ed alterate. Dunque, i caratteri dei prodotti emessi appaiono piuttosto variabili in relazione a ripetuti cambiamenti di stile eruttivo da fasi a carattere stromboliano, relazionabili alla locale costruzione di un cono di scorie, a fasi idromagmatiche, associate ad un anello di tufo, nonostante le morfologie di tali centri eruttivi non siano più chiaramente riconoscibili.

A tetto è presente un deposito massivo ed eterogeneo per granulometria, di colore grigio-avana e spessore di circa 3 m, probabilmente originatosi da un *debris flow*. Infine, sono presenti altri depositi stratificati, in banchi decimetrici a lapilli scoriacei e litici, in matrice cineritica fine, a laminazione piano-parallela, separati da orizzonti pedogenizzati immaturi e/o sottili depositi lacustri, a testimonianza di una prolungata sedimentazione vulcanoclastica secondaria ad opera delle acque dilavanti.

Pleistocene medio basale.

1.1.3.3. - Unità di Colle della Mola (**UDM**)

Questi prodotti affiorano in maniera molto discontinua su di una superficie di circa 0,9 km^2 compresa fra Arnara a nord e Colle la Grotta a sud, delimitata verso SE dalle alluvioni del fosso di Valle dell'Arciprete. L'affioramento più rappresentativo espone per uno spessore di circa 4 m una successione di banchi di scorie centimetriche, con bombe corazzate, talora deformate plasticamente, e rari litici arenitici di dimensioni centimetriche, legati ad un'attività da fontana di lava, alternati a livelli cineritici più o meno grossolani, contenenti litici

PROGETTO CARG

lavici arrotondati, interpretabili come derivanti da impulsi freatomagmatici. La composizione chimica delle scorie cade a cavallo dei campi trachibasaltico e fonotefritico del diagramma TAS.

Il relativo centro eruttivo non è più riconoscibile morfologicamente, ma la sua ubicazione approssimativa è ipotizzabile nella Valle dell'Arciprete. Sebbene i contatti stratigrafici di tetto e di letto non siano esposti con chiarezza, si ritiene che la messa in posto dei prodotti facenti parte di questa unità sia successiva a quella di depositi da caduta e rimaneggiati riconducibili all'unità di Colle la Grotta, rinvenuti localmente nel fondovalle, mentre sembrerebbe essere precedente a quella dei prodotti dell'unità di Colle Sciassa. Inoltre, a chiusura della successione locale si ritrovano delle piroclastiti rossicce da caduta, spesso rimaneggiate, correlabili all'unità di Colle Capirolo, il che consente almeno una parziale ricostruzione dei rapporti stratigrafici fra le aree di Pofi e Ceccano.

Pleistocene medio basale.

1.1.3.4. - Unità di Colle Sciassa (**UDC**)

I prodotti di questa unità affiorano a SO di Pofi, fra Colle La Grotta e Colle Perugino, a tetto delle vulcanoclastiti secondarie dell'unità di Colle la Grotta e, come precedentemente accennato, probabilmente anche dei depositi dell'unità di Colle della Mola. La successione, ricostruita sulla base dell'affioramento più significativo, inizia con un livello di lapilli vescicolati (Ø = 2 cm), a gradazione inversa, con evidenze di messa in posto per caduta durante una fase stromboliana, che sfuma in una breccia a clasti arenitici alterati. Segue un'alternanza di livelli cineritici contenenti minuti litici lavici, di presumibile natura idromagmatica, e livelli di lapilli scoriacei (Ø = 2 cm) a gradazione inversa-diretta, da caduta, quindi un orizzonte di 0,5 m di bombe e lapilli scoriacei deformati plasticamente e saldati (*spatter*), ancora con inclusi litici arenitici centimetrici, ricollegabile ad un evento di fontana di lava. La composizione chimica delle scorie prelevate da un livello da caduta risulta basaltica.

A tetto di una superficie di erosione, che testimonia una stasi eruttiva, si osservano diversi livelli cineritici coerenti e laminati, alternati a livelli ricchi di lapilli scoriacei e litici lavici alterati (di dimensioni fino a 15 cm), per uno spessore complessivo attorno ai 3 m, ad indicare una ripresa dell'attività idromagmatica. A tal riguardo, rispetto alla porzione inferiore dell'unità si riscontra una significativa variazione nella componente litica accidentale: alla drastica riduzione nell'abbondanza degli inclusi arenitici fa riscontro la diffusa presenza di clasti carbonatici centimetrici, arrotondati e non termometamorfosati, a testimonianza di un aumento della profondità di interazione esplosiva tra

PROGETTO CARG

il magma e l'acqua di falda, che giunge ad interessare l'acquifero carbonatico meso-cenozoico sottostante le formazioni flyschoidi mioceniche.

Dalle caratteristiche deposizionali e le morfologie relitte, è possibile ricostruire la presenza di un edificio tipo *maar* in corrispondenza della depressione subcircolare nei pressi di Colle Sciassa (tav. 2).

Pleistocene medio basale.

1.1.3.5. - Unità di Colle Quartarano (**QUR**)

A SO di Pofi, i prodotti di questa unità poggiano in discordanza angolare su quelli dell'unità di Colle Sciassa o di Colle la Grotta. A tetto, l'unità di Colle Quartarano è separata da una superficie di erosione con discordanza angolare o da un paleosuolo immaturo dalle vulcaniti dell'unità di Pofi e dalle vulcanoclastiti secondarie facenti parte dell'unità di Colle Rovere. Tale discontinuità può essere correlata alla superficie di erosione che segna il passaggio tra i subsintemi **LRN_1** e **LRN_2**. Inoltre, secondo quanto riportato da Angelucci *et alii* (1974b), i tagli realizzati per la costruzione dell'Autostrada del Sole mostravano i prodotti corrispondenti all'unità in questione a diretto contatto con il substrato sedimentario (formazione di Frosinone del presente lavoro) e ricoperti da una colata di lava (lave di Fosso Meringo del presente lavoro).

L'affioramento più completo dell'unità è ubicato lungo la strada che collega Pofi a Colle Quartarano. A tetto di un suolo immaturo, contenente frammenti vulcanici, la successione esposta comprende, per uno spessore di circa 1,2 m, orizzonti di lapilli scoriacei (talora corazzati) con fenocristalli di leucite analcimizzata, bombe laviche centimetriche, blocchi arenitici decimetrici, inclusi olocristallini a clinopirosseno e feldspato e cristalli liberi di flogopite, clinopirosseno e magnetite, indicativi di un'origine per caduta da fasi eruttive di tipo stromboliano. Pur considerando l'avanzato stato di alterazione, la composizione delle scorie è riconducibile al campo fonotefritico del diagramma TAS.

Superiormente si osserva un deposito dello spessore di circa 5 m di breccia massiva, caotica, a blocchi arenitici a spigoli vivi (anche >30 cm), inclusi lavici centimetrici e rari olocristallini, in matrice sabbiosa incoerente. I depositi di breccia affioranti nelle vicinanze (Colle Quartarano, Colle Perugino, Colle Savinelle) mostrano spessori e granulometrie decrescenti che, in accordo con le giaciture e la presenza di locali strutture da flusso, indicano una direzione di trasporto radiale rispetto alla località di San Giorgio. Tale deposito potrebbe quindi rappresentare una breccia di esplosione associata ad un locale evento freatico che avrebbe interessato il substrato sedimentario, con scorrimenti gravitativi a piccola scala.

Pleistocene medio basale.

PROGETTO CARG

1.1.3.6. - Subsintema di Pontecorvo (**LRN$_2$**)

I depositi di tale subsintema sono discordanti su quello più antico. All'interno di tali depositi si osservano numerose eteropie di facies fra sabbie calcaree giallastre, a stratificazione incrociata, limi biancastri, a luoghi varvati, depositi di conoide alluvionale del Fiume Melfa, ghiaie, calcari lacustri e alternanze di sabbioni concrezionari calcarei, travertini sabbiosi, depositi torbosi o lignitiferi. Questi ultimi sono particolarmente abbondanti alla base della sequenza, dove costituiscono un livello guida. Nei pressi della stazione di Roccasecca è presente un limitato lembo di travertino, che fa parte del più esteso affioramento di Aquino, al di fuori del Foglio "Ceccano", con cui si chiude localmente la successione del subsintema di Pontecorvo. Nei livelli di sabbie e ghiaie affioranti in località Cave Panzini (Pontecorvo) sono stati rinvenuti resti di mammiferi (*Elephas (Palaeoloxodon) antiquus* Falconer & Cautley, *Stephanorhinus* cf. *S. hemitoecus* (Falconer), *Equus ferus* Nobis, *Hippopotamus amphibius* Linnaeus, *Megaloceros giganteus* (Blumenbach), *Cervus elaphus* Linnaeus, *Bos primigenius* Bojanus) ed industria litica (Biddittu & Cassoli, 1969). La fauna locale è riferibile all'Aureliano inferiore (cfr. Palombo *et alii,* 2003b). Un livello piroclastico a pomici, intercalato nella parte alta del subsintema di Pontecorvo, è stato datato con il metodo K/Ar circa 360.000 anni (Devoto, 1965; Bigioggero *et alii*, 1988).

Nei dintorni di Isoletta, l'attività di scavo e di recupero effettuata dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici del Lazio durante i lavori per la costruzione della linea ferroviaria T.A.V. (Zarattini, 1999) ha messo in luce due orizzonti, di cui il più antico, fossilifero, è riferibile a questo subsintema. Nei livelli fluvio-lacustri affioranti alla base della sezione sono presenti Molluschi dulcicoli (*Unio* sp., *Pisidium* sp, *Dreissena* sp., *Pyrgula annulata* Linnaeus, *Theodoxus* sp.), Pesci, Anfibi, Rettili e Mammiferi (*Castor* sp., Hyaenidae (? *Crocuta*), *Elephas antiquus*, *Stephanorhinus* cf. *hemitoecus* (Falconer), *Equus* sp. di piccola taglia, *Megaloceros giganteus* (Blumenbach), *Dama clactoniana* (Falconer,), *Cervus elaphus, Bos primigenius* (Biddittu & Celletti, 2001; Palombo, dati inediti). Datazioni effettuate con il metodo della racemizzazione su un molare di elefante hanno fornito un'età di circa 380 ka (Biddittu & Celletti, 2001). La macroflora ed i pollini indicano condizioni di clima inizialmente mite e relativamente umido, seguito da condizioni più fresche ed aride. La presenza di *Megaloceros giganteus* (Blumenbach) e degli altri resti faunistici consentono un'attribuzione della fauna all'Aureliano inferiore (*sensu* Palombo, 2005).

In località Campo Grande, nei pressi di Ceprano, al tetto dei depositi del subsintema, sono stati scoperti i resti di un cranio umano al quale è stata attribuita un'età di circa 900-800 ka (Ascenzi *et alii*, 1996). In effetti, i caratteri morfologici

PROGETTO CARG

indicano come il Cranio di Ceprano possa collocarsi filogeneticamente tra il clade *Homo ergaster* Groves & Mazak /*Homo erectus* (Dubois), e *Homo heidelbergensis* Schoetensack del Pleistocene medio superiore, e sia forse vicino ad *Homo antecessor* Bermúdez de Castro, Arsuaga, Carbonell, Rosas, Martinez &. Mosquera del tardo Pleistocene inferiore (cfr. Manzi *et alii,* 2001, Manzi, 2004; Bruner & Manzi, 2005). L'età attribuita al reperto non sembra essere compatibile con quella del deposito in cui è stato rinvenuto. Gli studi attualmente in corso potranno chiarire se la presenza di un cranio con caratteristiche arcaiche all'interno di una successione attribuibile al Pleistocene medio sia dovuta o meno a fenomeni di rimaneggiamento.

In tale subsintema sono intercalati i depositi vulcanici delle seguenti unità: lave di Fosso Meringo, unità di Pofi, unità di Colle Marte, unità di Colle Rovere e unità di Mola a Vento, appartenenti al Vulcano di Pofi. Sulla base di considerazioni stratigrafiche e composizionali e delle nuove datazioni radiometriche (Boari *et alii,* 2009 e presente lavoro) vengono riferite alla parte basale di **LRN$_2$** le unità di Colle Vento, Colle Selva Piana, Colle Trinfe Derimbo, Colle Rosso, Colle Farneta e Colle Spinazzeta, nel settore a SE di Ceccano. Vengono inoltre attribuite a questo subsintema le unità di Fiano e Colle Capirolo, ancora nel settore di Ceccano, e l'unità di Arnara.

Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.7. - Lave di Fosso Meringo (**LFM**)

Le lave di Fosso Meringo sono stratigraficamente sovrapposte alle argille lignitifere appartenenti al livello guida affiorante al di sopra della superficie di discontinuità tra **LRN$_1$** e **LRN$_2$**.

Rappresentano la manifestazione effusiva volumetricamente più importante nell'area del foglio. Affiorano principalmente lungo il Fosso Meringo (NE ed E di Pofi) per oltre 3 km, dal bivio della S.P. Castro-Pofi con la S.S. Casilina fino a Casale Lama. Procedendo da NO verso SE, lo spessore si mantiene abbastanza uniforme intorno ai 15 m fino alla località di Mola Sterbini, oltre la quale giunge a superare finanche i 40 m. Anche se, soprattutto in quest'ultimo caso, è probabile la sovrapposizione di più colate, le lave non mostrano di aver sviluppato evidenti livelli autobrecciati, presumibilmente a causa della loro bassa viscosità durante lo scorrimento, rendendo così incerta l'individuazione dei contatti fra le varie unità di flusso. Le lave si presentano di colore grigio antracite, massive e compatte, talora con fessurazione prismatico-colonnare da raffreddamento (es. presso Mola Sterbini). All'osservazione macroscopica mostrano un grado di porfiricità piuttosto elevato, per la presenza di abbondanti fenocristalli millimetrici di clinopirosseno e subor-

PROGETTO CARG

dinata olivina. A luoghi sono presenti vacuoli contenenti aghi di vonsenite, apatite e aragonite. La composizione chimica risulta fonotefritica nel diagramma TAS.

Numerose perforazioni effettuate a scopo idrico nell'area compresa tra Fosso Meringo e l'abitato di Pofi hanno rivelato l'esistenza, a profondità fra i 3 e i 7 m al di sotto delle coperture vulcanoclastiche più o meno rimaneggiate dell'unità di Colle Marte, di un esteso e continuo *plateau* lavico, con spessori variabili da 23 a 53 m. Massi erratici delle stesse lave si rinvengono a N dell'abitato, alla base dei rilievi di Mola a Vento. Limitati affioramenti di lava, spesso molto alterata, si osservano inoltre in diversi punti a S e SE di Pofi, come ad es. Fontana dell'Ocaro e Case Frittori, oltre al già citato taglio autostradale che mostrava anche la sottostante unità di Colle Quartarano. Nella medesima area, blocchi della stessa lava si ritrovano frequentemente al di sotto di limitati spessori di coperture detritiche. Per l'omogeneità dei caratteri litologici e composizionali riscontrata, si ritiene che tali sporadici rinvenimenti siano correlabili al vasto *plateau* lavico sepolto, del quale gli affioramenti lungo Fosso Meringo costituiscono le estreme propaggini. Il contatto stratigrafico diretto con i depositi stromboliani dell'unità di Pofi non è osservabile sul terreno. Nonostante la distribuzione areale e il chimismo analogo suggeriscano una diretta associazione di queste lave all'attività dei coni di scorie di **POF$_a$**, le rispettive età radiometriche non sembrerebbero confermare questa possibilità.

Datazioni radiometriche K-Ar hanno fornito per le lave, rispettivamente affioranti a Fosso Meringo e nel taglio autostradale, un'età di 0,39±0,02 e 0,40±0,01 Ma (Basilone & Civetta, 1975). Tale dato fornisce un riferimento geocronologico per la correlazione delle vulcaniti appartenenti a **LRN$_2$** e indirettamente permette di riferire la base del subsintema di Pontecorvo ad un Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.8. - Unità di Colle Vento (**VNT**)

I depositi di questa unità coprono un'area di circa 0,4 km^2 a SE di Ceccano e sono costituiti prevalentemente da banchi di cineriti grossolane e lapilli scoriacei di colore grigio scuro (**VNT$_a$**), prodotti dall'attività, probabilmente penecontemporanea, di almeno due coni di scorie allineati secondo una direttrice appenninica. L'ubicazione dei centri eruttivi, rispettivamente in corrispondenza dei rilievi di Colle Vento e Colle Porcino, è evidenziata dal rinvenimento di depositi di bombe scoriacee saldate e deformate plasticamente (*spatter*), di dimensioni decimetriche, arrossate per ossidazione del ferro, indicative di una messa in posto per caduta in zona prossimale, e dalla presenza di un dicco/diatrema subverticale, intersecante il substrato sedimentario, intercettato durante l'esecuzione di una galleria ferroviaria della T.A.V. Inoltre, lo scavo di una trincea della T.A.V. ha

PROGETTO CARG

messo in luce le prime vulcaniti emesse da questo centro, rappresentate da lapilli scoriacei da caduta (1,5 m circa di spessore), poggianti su depositi lacustri riferibili a **LRN**. Superiormente è stata rinvenuta una colata lavica molto alterata di colore grigio, dello spessore medio di 6 m e quindi una successione di cineriti grossolane alterate, a laminazione da piano-parallela ad incrociata, contenenti bombe laviche decimetriche con strutture da impatto e lenti di litici lavici alterati, probabilmente legata a processi di interazione del magma con acqua di falda.

Immediatamente a sud di Colle Vento si osserva in affioramento una modesta colata lavica (**VNT$_b$**) di colore grigio scuro, altamente porfirica per cliropirosseno e olivina e ad esfoliazione cipollare, di composizione chimica basaltica nel diagramma TAS. Analogamente, dei lapilli scoriacei prelevati a Colle Porcino risultano petrograficamente dei basalti.

? Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.9. - Unità di Colle Selva Piana (**ULV**)

I prodotti di questa unità coprono circa 0,7 km^2 e sono stratigraficamente sovrapposti a quelli dell'unità di Colle Vento. Alla base, su di un paleosuolo rosato di 20 cm, affiora limitatamente per uno spessore intorno a 50 cm un deposito di ceneri grossolane e lapilli minuti (0,5 cm), incoerenti, di colore grigio o giallo per alterazione, a stratificazione piano-parallela (**ULV$_a$**). Il deposito, spesso rimaneggiato, contiene inclusi litici accessori (piroclastiti idromagmatiche coerenti) e accidentali alterati. Da considerazioni sulle giaciture e variazioni di spessore e dimensioni dei lapilli, è ipotizzabile un'ubicazione del centro di emissione in corrispondenza di Colle Selva Piana.

Sono inoltre associati livelli cineritici centimetrici di probabile origine idromagmatica e modesti lembi di colate laviche (NE di Colle Selva Piana; E di Colle Vescovo; **ULV$_b$**) grigie, subafiriche, mediamente o molto alterate, ad esfoliazione cipollare, con spessore massimo in affioramento di circa 5 m e un volume stimato nell'ordine di 10^5-10^6 m^3. Petrograficamente le lave variano da basalti a basalti a leucite. Il chimismo, sia delle lave che delle scorie campionate in località Colle Vescovo, è basaltico nel diagramma TAS.

La datazione del centro eruttivo presenta un notevole margine di incertezza. Nel presente lavoro è stata ottenuta un'età radiometrica di 350±100 ka per una lava messa in luce dalla trincea della T.A.V. in località Selva Piana (**ULV$_b$**), che pur nei limiti dell'ampio errore appare compatibile con la datazione di 357±13 ka di Boari *et alii* (2009), che tuttavia contrasta con quella di 269±37 ka riportata dagli stessi autori per la lava nei dintorni di Colle degli Scolopi.

? Pleistocene medio *p.p.*

PROGETTO CARG

1.1.3.10. - Unità di Colle Trinfe Derimbo (**TFD**)

L'unità è costituita dai depositi di un piccolo cono di scorie da attività stromboliana (**TFD$_a$**) ubicato in prossimità della riva sinistra del F. Sacco, al quale è associata un'esigua colata lavica (**TFD$_b$**) che ne ha in parte preservato le morfologie dall'erosione. Un taglio artificiale in località Colle Trinfe Derimbo mostra per uno spessore di circa 4 m una successione inclinata verso ENE di bombe e lapilli scoriacei da caduta, spesso saldati e deformati plasticamente, con strutture da impatto, di composizione basaltica. Superiormente si osserva un brusco cambiamento dei caratteri granulometrici e tessiturali, evidenziato dalla presenza di diversi metri di cineriti grigie a laminazione incrociata, contenenti blocchi arenitici (anche >20 cm) inferiormente e frammenti millimetrici carbonatici e lavici superiormente. Intercalati compaiono ancora sottili livelli di lapilli scoriacei da caduta, a testimonianza di una transizione alternata da uno stile eruttivo magmatico ad idromagmatico.

Sul versante occidentale del colle sono esposti per una lunghezza di circa 100 m i lembi di una piccola colata lavica di colore grigio scuro, altamente porfirica, abbastanza vescicolata ed alterata (**TFD$_b$**), la cui composizione chimica rientra nel campo dei basalti del diagramma TAS.

La datazione radiometrica della lava (**TFD$_b$**) non ha fornito un risultato attendibile (cfr. VIII.5). L'età del centro rimane attribuibile dubitativamente al Pleistocene medio p.p.

? Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.11. - Unità di Colle Rosso (**URO**)

L'unità è costituita da piroclastiti stratificate, comprendenti livelli cineritici con laminazione piano-parallela e a lapilli, piuttosto rimaneggiati, poggianti su di un paleosuolo marrone ben sviluppato. Questi prodotti coprono una superficie di circa 0,5 km^2, con spessori massimi rilevati attorno ai 10 m e sono parzialmente coperti dai prodotti piroclastici della subunità inferiore di Colle Spinazzeta (cfr. **LSZ$_a$**). Per i loro caratteri tessiturali, giaciturali e morfologici, sono ascrivibili all'attività idromagmatica di un cono di tufo, del quale è parzialmente riconoscibile la sola porzione meridionale. In particolare, il rilievo a mezzaluna comprendente Colle Rosso e Colle S. Marco corrisponderebbe al bordo craterico meridionale (tav. 2).

Pleistocene medio basale.

PROGETTO CARG

1.1.3.12. - Unità di Colle Farneta (**ULF**)

I depositi piroclastici di questa unità coprono una superficie complessiva di circa 0,9 km^2 e sono ascrivibili ad un centro idromagmatico di dimensioni considerevoli (anello di tufo). Le scarse morfologie relitte e la spessa copertura alluvionale del F. Sacco non consente tuttavia la precisa ubicazione del centro di emissione; probabili tracce dell'orlo craterico sono identificabili lungo la linea ferroviaria Roma-Cassino. Lungo il margine settentrionale dell'edificio (es. a Colle Ceci) si osserva la sovrapposizione in discordanza angolare delle piroclastiti dell'unità di Colle Spinazzeta.

La successione eruttiva dell'unità di Colle Farneta comprende livelli di cineriti da fini a grossolane, bianco/avana, coerenti, e orizzonti a lapilli e blocchi scoriacei di colore grigio scuro, incoerenti, con spessori complessivi in affioramento inferiori ai 5 m. I depositi mostrano laminazione piano-parallela ed incrociata, dune a basso angolo, festoni, tessiture tipiche derivanti da una sedimentazione trattiva da *surge* piroclastico. La presenza di blocchi e massi lavici di dimensioni anche metriche, con relative strutture deformative da impatto, indica una contemporanea attività da lancio in zone prossimali alla bocca eruttiva. Superiormente è presente un deposito massivo, o a tratti blandamente stratificato, contenente bombe e lapilli scoriacei neri ben vescicolati e lapilli e blocchi litici sedimentari di varia natura, spesso ben arrotondati, derivante dalla messa in posto di un flusso concentrato. La successione termina con un deposito di ceneri grossolane e lapilli scoriacei, dello spessore di circa 1 m, contenente litici carbonatici. Localmente, verso sud, l'unità di Colle Farneta comprende un deposito cineritico massivo, coerente, dello spessore di circa 15 m, riconducibile ad una colata di fango.

Dall'analisi chimica di un campione di bomba scoriacea proveniente dalla località di Colle Farneta, la composizione risulta basaltica nel diagramma classificativo TAS.

Pleistocene medio basale.

1.1.3.13. - Unità di Colle Spinazzeta (**LSZ**)

Le piroclastiti di questa unità coprono un'area di circa 2,4 km^2 e poggiano sui prodotti delle unità di Colle Farneta (in località Colle Ceci) e di Colle Rosso (in località Maiura); poco a sud di Ceccano sono ricoperte dai prodotti piroclastici dell'unità di Fiano, mentre ad est di Ceccano risultano sottostanti alle piroclastiti e lave dell'unità di Colle Capirolo. Vengono distinte due subunità separate da un paleosuolo marrone dello spessore di circa 30 cm.

La subunità inferiore (**LSZ$_a$**), generalmente con spessori variabili da 3 a 5 m, comprende alla base un banco di ceneri grossolane e lapilli di colore nero, da caduta,

PROGETTO CARG

più o meno rimaneggiati, passanti superiormente ad un deposito massivo, coerente, di colore marrone scuro, a granulometria cineritico-grossolana, contenente cristalli di mica bruna, olivina e clinopirosseno, inclusi litici generalmente subcentimetrici, sia lavici, a spigoli vivi e alterati, che sedimentari (carbonatici e arenitici) ed olocristallini a mica bruna e clinopirosseno. Quest'ultimo deposito, probabilmente originatosi da una colata di fango, raggiunge spessori di circa 15 m nei dintorni di Colle della Guardia fino ad una quota di 200 m s.l.m.. Superiormente si osservano livelli a laminazione piano-parallela e inclusi arenitici di dimensioni centimetriche. Le caratteristiche complessive della subunità sono riferibili a meccanismi di messa in posto per *surge* e caduta da un evento idromagmatico e successivo rimaneggiamento da parte delle acque dilavanti.

La subunità superiore (**LSZ_b**) è formata da bancate cineritiche coerenti, massive o a tratti laminate, di colore grigio chiaro e dello spessore di circa 1 m. A luoghi sono intercalati lenti e/o orizzonti clasto-sostenuti, a lapilli scoriacei, litici lavici, arrotondati e per lo più subcentimetrici, arenitici e carbonatici, di dimensioni maggiori e con strutture da impatto. Un campione di scoria prelevato in località Colle Spinazzeta mostra composizione basaltica nel diagramma TAS. Localmente questi prodotti appaiono intensamente rimaneggiati a formare depositi vulcanoclastici spessi poche decine di centimetri, derivanti da flussi iperconcentrati; tali depositi poggiano su superfici di erosione e a loro volta sono ricoperti in discordanza angolare dai livelli da caduta dell'unità di Colle Capirolo.

Infine, presso la sponda sinistra del F. Sacco, in corrispondenza della linea ferroviaria Roma-Cassino, affiora un dicco lavico (**LSZ_c**) in giacitura verticale, orientazione antiappenninica e spessore di circa 9 m, che interseca le piroclastiti dell'unità di Colle Farneta. La lava si presenta da compatta e di colore grigio scuro a molto alterata e di colore grigio chiaro, ove maggiormente interessata da circolazione di fluidi idrotermali, con abbondanti fenocristalli millimetrici di clinopirosseno e subordinata olivina. La composizione è basaltica nel diagramma TAS. Le rocce incassanti mostrano al contatto delle bande di ossidazione termica. Alcune perforazioni eseguite a scopo idrico nei pressi dell'abitato a sud di Colle Spinazzeta hanno intercettato un corpo lavico litoide alla profondità di circa 20-25 m, probabile prosecuzione in direzione antiappenninica di quello affiorante. Età radiometrica di LSZ_c: 345±9 ka (Boari *et alii*, 2009).

Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.14. - Unità di Pofi (**POF**)

L'abitato di Pofi sorge su un rilievo vulcanico costituito principalmente da una successione di potenti bancate di bombe e lapilli scoriacei da caduta stromboliana (**POF_a**), relazionabili ad almeno due centri eruttivi coalescenti, le cui morfologie sono ancora parzialmente riconoscibili, nonostante l'erosione e la diffusa antro-

PROGETTO CARG

pizzazione (tav. 2). I prodotti del cono di scorie di dimensioni maggiori affiorano a SO del centro storico, costituendo gran parte del fianco sudoccidentale della collina di Pofi. Essi sono costituiti prevalentemente da lapilli, bombe e blocchi scoriacei di dimensioni fino a 40 cm, a luoghi saldati e deformati plasticamente, intimamente associati, nella parte più interna del cono, a varie colate reomorfiche di modesto spessore (generalmente inferiore al metro), riconducibili ad episodici scorrimenti legati alla prevalente attività da fontana di lava.

Sul lato meridionale del cono affiora per varie centinaia di metri una colata lavica autobrecciata alla base e scoriacea al tetto, dello spessore attorno a 3 m, ricollegabile ad un vero e proprio evento effusivo (**POF$_b$**). Essa mostra struttura porfirica, con fenocristalli di clinopirosseno, olivina, alterata in iddingsite, e leucite.

Lungo la strada che da Pofi scende in direzione di Colle Quartarano si osserva una successione rimaneggiata, che mostra gli stessi costituenti del cono di Pofi, comprendente un deposito massivo da colata di fango e depositi laminati formatisi per azione delle acque correnti. Tali depositi (cartografati come **POF$_a$**) si trovano a quote topograficamente più elevate rispetto alla breccia dell'unità di Colle Quartarano e immediatamente a valle dell'unità di Colle Rovere, ma i contatti di letto e di tetto non sono esposti. In località La Poce (1,5 km ad O di Pofi) si osservano depositi vulcanoclastici secondari, laminati, a granulometria variabile e con spessori di vari metri, formatisi ad opera delle acque dilavanti dopo la stasi seguita all'attività del centro di Colle Quartarano. I livelli inferiori contengono lapilli scoriacei centimetrici derivanti dall'erosione del cono di scorie di Pofi. Da notare che la successione rimaneggiata è coperta da un livello apparentemente indisturbato di lapilli scoriacei giallognoli da caduta, riferibile all'unità di Colle Capirolo (non cartografabile), consentendo almeno una parziale correlazione stratigrafica con il settore di Ceccano.

I prodotti del cono minore di Pofi, dalla morfologia meglio conservata, sono stati messi in luce dai lavori di scasso eseguiti nei pressi del campo sportivo, ad est del paese, e in gran parte nuovamente obliterati (nella carta geologica tali prodotti non sono stati distinti da **POF$_a$**). Nel corso del rilevamento si è potuto osservare per circa 6 m di spessore un bastione di lapilli, bombe e blocchi scoriacei, più o meno saldati, con inclusi arenitici di dimensioni eterogenee, attraversato da un dicco di lava di spessore decimetrico. Questi depositi di scorie poggiano direttamente sui terreni sedimentari miocenici (unità di Frosinone); a tetto si osserva, in discordanza angolare, un livello a lapilli scoriacei microvescicolati, inclusi litici lavici e arenitici, in matrice cineritica grossolana, di presumibile origine idromagmatica. Superiormente, una discordanza angolare più pronunciata segna il contatto con l'unità di Colle Marte. I depositi relativi all'attività di entrambi i coni di scorie dell'unità di Pofi sono interessati da numerose dislocazioni con rigetti decimetrici.

La composizione chimica delle scorie del cono principale è fonotefritica nel

PROGETTO CARG

diagramma TAS. Analogamente, sia la colata lavica ad esso associata (**POF_b**) che il dicco di lava del campo sportivo sono petrograficamente definibili come delle tefriti fonolitiche.

L'età radiometrica dei prodotti del cono di scorie principale (**POF_a**) è di 298±43 ka (Boari *et alii*, 2009).

Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.15. - Unità di Colle Marte (**UCM**)

Questa unità copre una superficie relativamente estesa ad E dell'abitato di Pofi. La successione eruttiva inizia con una breccia da esplosione, caotica, a blocchi lavici anche metrici e rari litici sedimentari, a luoghi con strutture da flusso gravitativo, affiorante prevalentemente nei pressi del cimitero di Pofi e della località di Colle Marte, per uno spessore fino a 5 m. Giaciture, granulometrie e spessori del deposito suggeriscono di identificare la depressione subcircolare immediatamente ad ovest di Colle Marte quale probabile area di emissione. Seguono in continuità depositi in bancate coerenti, a lapilli e blocchi scoriacei di colore rossastro e litici lavici in matrice cineritico-grossolana, con intervalli a laminazione trattiva, affioranti prevalentemente lungo la strada tra Colle Marte e Mola Sterbini con spessori attorno ai 2 m. Tali depositi sono riferibili ad una messa in posto per caduta, associata a *surge* piroclastici idromagmatici. Nel complesso i prodotti dell'unità possono essere ricondotti ad un anello di tufo e al locale rimaneggiamento da parte delle acque correnti che ha originato piccole colate di detrito e fango.

Nei pressi del campo sportivo di Pofi, i prodotti dell'unità di Colle Marte risultano stratigraficamente compresi fra i depositi di scorie dell'unità di Pofi e le vulcanoclastiti rimaneggiate dell'unità di Colle Rovere. Poco più ad E poggiano direttamente sulle lave di Fosso Meringo con spessori esigui e per lo più in facies rimaneggiata.

La composizione chimica delle scorie dell'unità di Colle Marte, pur rivelando un avanzato stato di alterazione, rientra nel campo basaltico del diagramma TAS.

Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.16. - Unità di Colle Rovere (**QCR**)

L'unità comprende depositi piroclastici più o meno rimaneggiati affioranti nell'abitato di Pofi e verso ovest fino a Colle Rovere e Colle Cappella. Il contatto con i sottostanti depositi di scorie dell'unità di Pofi è a carattere erosivo. Fra i depositi primari il più caratteristico consiste in una bancata dello spessore di diversi decimetri di lapilli scoriacei neri ben vescicolati, a massa di fondo vetrosa,

PROGETTO CARG

ben classati e a gradazione diretta, legati ad una messa in posto per caduta da attività stromboliana; composizionalmente, le scorie risultano basaltiche nel diagramma TAS. Seguono, al di sopra di una superficie di erosione, depositi cineritici con sottile laminazione piano-parallela e lenti di litici e lapilli fini scoriacei giallognoli, di natura idromagmatica. Questi ultimi, in località Santa Croce, presentano uno spessore di 1,3 m e poggiano in discordanza sulla breccia a clasti arenitici dell'unità di Colle Quartarano. Lungo la strada che da tale località risale verso Pofi, gli affioramenti mostrano spessori crescenti e la presenza di bombe "a crosta di pane" con strutture da impatto e di rari inclusi arenitici. Chiudono l'unità depositi vulcanoclastici secondari, dello spessore complessivo di circa 5 m, costituiti da banchi massivi da colata di fango e detrito, di spessore decimetrico, e da sottili orizzonti a laminazione piano-parallela ed incrociata, a matrice prevalentemente cineritico-grossolana. Fra i costituenti si riscontrano anche clasti scoriacei provenienti dai depositi sottostanti (unità di Pofi e Colle Marte).

Come esemplificato in altri casi nell'area vulcanica del foglio, la successione descritta appare dunque legata all'attività di un centro locale, inizialmente di stile magmatico (stromboliano), cui fa seguito un'interazione esplosiva fra il magma e l'acqua di falda (fase freatomagmatica). Le acque dilavanti avrebbero poi asportato l'esigua copertura piroclastica, arrivando ad interessare anche le piroclastiti delle unità inferiori.

Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.17. - Unità di Fiano (**UFI**)

I prodotti di tale unità sono collegabili all'attività idromagmatica di un centro eruttivo localizzabile a SSO dell'abitato di Ceccano (poco fuori dell'area del Foglio). Nell'area rilevata, nei pressi del centro abitato, essi poggiano a diretto contatto sul substrato sedimentario (formazione di Frosinone), mentre a S e SE poggiano in discordanza angolare sui depositi piroclastici dell'unità di Colle Spinazzeta. L'affioramento più completo si rinviene lungo la strada che da Ceccano conduce a sud verso l'agglomerato di Fiano e mostra inferiormente un deposito cineritico grossolano, coerente, a laminazione incrociata, dello spessore di 2,5 m, a litici lavici millimetrici, lapilli accrezionali e litici marnosi centimetrici. Superiormente passa gradualmente a depositi coerenti di cineriti grigio chiare a laminazione piano-parallela, da *wet surge*, inclinate verso NNO, dello spessore di 18 m. In zona Piana di Colle Antico, lungo la strada da Ceccano per la località Stretta le Cave, si rinvengono dei depositi cineritici sottilmente laminati, correlabili ai precedenti e dei quali rappresentano quindi una facies relativamente distale.

Pleistocene medio *p.p.*

PROGETTO CARG

1.1.3.18. - Unità di Colle Capirolo (**UPR**)

I depositi che costituiscono l'unità affiorano ad est dell'abitato di Ceccano, prevalentemente lungo la strada che conduce a Colle Capirolo, e giacciono in discordanza angolare sui depositi dell'unità di Colle Spinazzeta. Si tratta essenzialmente di bancate decimetriche di lapilli scoriacei neri (o giallognoli per alterazione), microvescicolati, con inclusi centimetrici (anche > 4 cm) del substrato marnoso alterati (**UPR$_a$**). Alcune bancate di spessore superiore al metro contengono bombe scoriacee di dimensioni attorno al decimetro, a chimismo basaltico nel diagramma TAS. Lo spessore relativamente uniforme alla scala dell'affioramento e la buona classazione indicano una deposizione per caduta da attività stromboliana. Intercalati, sono presenti alcuni livelli cineritici da *surge*. Le caratteristiche granulometriche e tessiturali dei depositi mostrano caratteri relativamente prossimali al centro di emissione, anche se non si riscontrano elementi morfologici che ne consentano l'ubicazione precisa. I livelli da caduta, sebbene in gran parte rimaneggiati, affiorano sporadicamente anche a sud di Arnara, ad es. presso le località di Colle della Mola e Colle Sciassa, a tetto dei prodotti delle omonime unità del Vulcano di Pofi ed appaiono inoltre sovrapposti alle vulcanoclastiti secondarie dell'unità di Pofi (**POF$_a$**).

Circa 1 km ad est di Ceccano, in località Case Bruni di Sotto, a tetto dei depositi piroclastici è presente una piccola colata lavica (**UPR$_b$**) di colore grigio, alterata, con esfoliazione cipollare, subafirica, dello spessore di circa 4 m e un volume stimato nell'ordine dei 10^5-10^6 m^3; dall'analisi petrografica la lava è classificabile come basaltica, mentre risulta di composizione trachibasaltica nel diagramma TAS.

Età radiometrica della lava (**UPR$_b$**): 263±58 ka (presente lavoro).

Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.19. - Unità di Arnara (**UAN**)

Questa unità raggruppa i prodotti relativi ad un cono di scorie e ceneri ubicato in corrispondenza dell'omonimo abitato e in buona parte smantellato dall'erosione nella sua porzione immediatamente ad ovest dell'abitato stesso. Negli affioramenti prossimali, presso il castello di Arnara e lungo la strada che passa sotto il centro storico, sono esposte bancate di spessore decimetrico (talora anche prossimo ad 1 m) di bombe e lapilli scoriacei poco vescicolati, con stratificazione piano-parallela od ondulata, alternate a livelli cineritici da centimetrici a decimetrici (**UAN$_a$**). I depositi si presentano piuttosto cementati, ricchi di litici lavici di dimensioni eterogenee e di blocchi pelitico-arenacei

PROGETTO CARG

finanche decimetrici, a spigoli vivi e a vario grado di alterazione, talora isoorientati o con strutture da impatto. Superiormente si riscontrano inclusi olocristallini ad olivina, clinopirosseno e flogopite e a clinopirosseno e leucite; sono inoltre diffusi cristalli liberi di augite e biotite, che raggiungono dimensioni attorno al centimetro. Le caratteristiche tessiturali indicano una deposizione da un sistema trattivo, e quindi una componente del trasporto per scorrimento, oltre che per caduta balistica. La componente juvenile aumenta nella porzione superiore della successione, costituita da livelli a lapilli scoriacei moderatamente vescicolati, intercalati a livelli laminati con strutture da impatto generate da blocchi sedimentari anche di mezzo metro. In generale, il grado di vescicolazione della componente juvenile e l'abbondanza di litici del substrato, sono in accordo con una significativa componente idromagmatica.

Nel complesso i depositi formano una dorsale allungata in direzione NE-SO che costituisce la spalla orientale di una depressione circolare. Quest'ultima, per la sua conformazione, è stata in passato interpretata come un cratere di esplosione (Pasquarè *et alii*, 1979), ma i rilievi di campagna e la distribuzione dei prodotti riscontrata non sembrano favorire questa ipotesi.

Nei dintorni di Arnara, affiorano inoltre con spessori intorno ai 2 m livelli vulcanoclastici a lapilli scoriacei e litici subcentimetrici, in matrice cineritico-grossolana giallognola ad analcime, a luoghi con laminazione incrociata, in gran parte originatisi per rimaneggiamento da parte delle acque dilavanti (**UAN**$_b$). Ad essi sono associati depositi dello spessore massimo rilevato di circa 10 m, di colore grigio-avana, con stratificazione accennata da variazioni granulometriche e litologiche e probabilmente da *lahar*. Essi poggiano per lo più a diretto contatto con il substrato sedimentario arenitico (formazione di Frosinone), o localmente su vulcanoclastiti secondarie di ambiente fluvio-lacustre, come ad es. al centro della depressione valliva ad ovest di Arnara.

Il chimismo della componente juvenile scoriacea, campionata sul bordo SO della depressione, risulta fonotefritico nel diagramma TAS. Analoga appare la composizione delle bombe scoriacee prelevate in zona prossimale nell'abitato di Arnara, pur evidenziando una spinta alterazione.

? Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.20. - Unità di Mola a Vento (**MVN**)

I prodotti di questa unità affiorano limitatamente a nord dell'abitato di Pofi, direttamente a contatto su quelli dell'unità di Colle Rovere e rappresentano il termine più recente appartenente al Vulcano di Pofi. Sono costituiti da agglomerati di *spatter* e inclusi litici arenitici, collegabili ad attività eruttiva da fontana di

PROGETTO CARG

lava, in facies prossimale. Localmente le caratteristiche tessiturali e giaciturali suggeriscono una rimobilizzazione sin-deposizionale del materiale ancora plastico lungo versanti acclivi a formare piccole colate reomorfiche, eventualmente associate a modeste lingue di lava, poco vescicolate, dello spessore non superiore a 1,5 m (non cartografabili singolarmente). Infine, al di sopra di un livello terroso, rimaneggiato, contenente scorie nere, si osserva per uno spessore di 1,5 m una breccia da esplosione a lapilli, bombe e blocchi scoriacei anche decimetrici, frequentemente corazzati, litici lavici a spigoli vivi (di dimensioni fino a 40 cm) e inclusi arenitici (fino a 5 cm) in matrice cineritico-grossolana alterata, di probabile natura idromagmatica. Le scorie dell'unità mostrano chimismo sia basaltico che fonotefritico nel diagramma TAS.

Le morfologie parzialmente preservate sembrano indicare la presenza di due centri di emissione: presso Mola a Vento si può riconoscere il fianco sud-occidentale di un primo cono, smantellato verso NE; in corrispondenza di Colle Vitelli sarebbe ubicabile un cono minore, che appare aperto verso NO (tav. 2).

L'età radiometrica di 231±19 ka ottenuta nel presente lavoro (confrontabile con la datazione di 0,19 Ma riportata da Fornaseri, 1985, riferibile alla stessa unità) indica al momento la manifestazione eruttiva più giovane nell'area del Foglio 402 "Ceccano" e, in generale, nel Distretto vulcanico della Media Valle Latina.

Pleistocene medio *p.p.*

1.1.3.21. - Unità di Colle Borello (**UBO**)

Tale unità, come già accennato, raggruppa depositi vulcanoclastici primari e secondari, la cui attribuzione ai centri eruttivi sinora descritti o ad altri locali, nonché l'inquadramento stratigrafico, presenta notevoli incertezze. Ad esempio, in località Colle Borello, presso la S.S. Casilina, 2 km a N di Pofi, si rinvengono a diretto contatto con il substrato arenitico (formazione di Frosinone) depositi stratificati di spessore metrico, costituiti da livelli di ceneri grossolane e di lapilli scoriacei di colore grigio scuro e di composizione chimica basaltica. Le caratteristiche deposizionali indicano una messa in posto per caduta. In località Colle S. Silvestro, 3 km a NE di Pofi (Zona archeologica Città di Ripi), affiorano, con spessori fino a 7 m, orizzonti di scorie centimetriche talora parzialmente saldate, da caduta, associati a depositi cineritici massivi da flusso. Petrograficamente, la frazione juvenile è anche in questo caso basaltica.

Altri depositi vulcanoclastici, sia primari che rimaneggiati, si rinvengono sporadicamente in prossimità di fossi e piccole incisioni vallive, fino a qualche km più ad est (ad es. alla base di Colle Muto, Colle Tornaturo, Fontana Sistina). In questi casi, le vulcanoclastiti secondarie, nel complesso preponderanti, sono

PROGETTO CARG

costituite da alternanze di livelli di cineriti fini e grossolane e di lapilli fini, di colore generalmente grigio, coerenti, con spessori complessivi variabili fino a 3 m. I livelli a granulometria più fine mostrano strutture trattive quali laminazione piano-parallela ed incrociata; i clasti a granulometria più grossolana appaiono generalmente arrotondati. Alle vulcanoclastiti, derivanti dall'azione delle acque correnti e da processi gravitativi, si intercalano a vari livelli degli orizzonti diatomitici di spessore centimetrico, a testimonianza dell'instaurarsi di locali bacini lacustri o palustri. In qualche caso si osservano mineralizzazioni a solfuri. Localmente si rinvengono dei livelli a lapilli fini rossastri, a matrice cineritica ocracea-rossastra, i cui componenti presentano analogie con quelli dell'unità di Colle Marte.

Ancora nel settore nord-orientale dell'area vulcanica, è da segnalare un deposito affiorante in maniera discontinua lungo le incisioni dei fossi con spessori variabili da un massimo di 4 m in prossimità della Zona archeologica Città di Ripi a poche decine di centimetri verso E. Esso si presenta massivo, a matrice cineritica avana, coerente, con minuti inclusi litici eterogenei arrotondati, a luoghi concentrati in livelli a matrice cineritico-grossolana ed è probabilmente riconducibile ad un *debris flow* coesivo. Localmente si riconoscono due unità di flusso, separate da un livello di addensamento di litici a granulometria più grossolana (ma comunque con Ø < 1,5 cm). Il deposito si riduce in spessore anche procedendo verso S; in prossimità della S.S. Casilina viene obliterato dalle coperture alluvionali recenti, non consentendo quindi la definizione dei rapporti stratigrafici con le unità del Vulcano di Pofi.

Infine, in località Fonte Fossa d'Oro, in prossimità del limite sud-orientale delle lave di Fosso Meringo, si rinviene un deposito di origine analoga, ma diverso per costituenti, intercalato ad altri livelli vulcanoclastici secondari.

? Pleistocene medio *p.p.*

1.1.4. - *Sintema di Colfelice* (**CFE**)

Fanno parte di questo sintema brecce di versante cementate (**CFE_a**) alluvioni terrazzate (terrazzi del III° ordine) e orizzonti vulcanoclastici più o meno rimaneggiati (non cartografabili separatamente). Tale sintema è limitato al tetto e al letto da superfici erosionali.

Tra Ceprano e Pontecorvo le alluvioni terrazzate, costituite da depositi ciottoloso-sabbiosi, eterometrici, con clasti in genere ben arrotondati e con matrice sabbioso-siltosa, a luoghi con intercalazioni di livelli o lenti di vulcanoclastiti secondarie, sono disposte in un ampia spianata debolmente inclinata verso sud.

All'interno delle dorsali carbonatiche affiorano invece depositi di versante, a luoghi cementati.

L'età del sintema può essere riferita al Pleistocene medio *p.p.*

PROGETTO CARG

1.1.5. - *Sintema di Ceprano* (**CEP**)

Anche questo sintema comprende alluvioni terrazzate (terrazzi del II° ordine), depositi vulcanoclastici più o meno rimaneggiati ed alterati non cartografabili. Tale sintema è limitato al tetto e al letto da superfici erosionali.

Le alluvioni terrazzate, costituite da depositi ghiaioso-sabbiosi, con clasti ben arrotondati, sono ben esposte su una estesa spianata localizzata alla confluenza del Fiume Sacco nel Liri, e ricoprono depositi continentali più antichi, chiaramente basculati ed erosi.

Altri lembi di queste alluvioni terrazzate, di più limitata estensione areale, affiorano nel resto dell'area, incassati nei depositi del sintema di Colfelice.

Nei pressi di Ceccano sono stati rinvenuti i resti di *Elephas (Palaeoloxodon) antiquus* Falconer & Cautley (Ambrosetti, 1963), mentre nei pressi di Campo del Conte sono stati rinvenuti anche scarsi resti di *Hippopotamus* ex gr. *H. amphibius* Linnaeus, *Sus* cf. *Sus scrofa* Linnaeus e *Cervus elaphus* Linnaeus (Palombo *et alii,* 2003a). Le analisi polliniche effettuate su un campione prelevato da un livello limoso della successione affiorante in quest'ultima località, hanno documentato l'esistenza di un bosco misto di caducifoglie ricco di taxa erbacei che da una lato confermano le condizioni climatiche miti indicate dalla fauna, dall'altro consentono un riferimento del sintema in questione al Pleistocene medio superiore (Palombo *et alii*, 2003a).

Nei dintorni di Isoletta, depositi fossiliferi riferibili a questo sintema sono presenti nella porzione superiore della successione stratigrafica messa in luce nel 1999 durante i lavori per la costruzione della linea ferroviaria "T.A.V". Dai livelli superiori provengono, tra gli altri, resti di *Canis lupus* Linnaeus, *Stephanorhinus* sp., *Equus ferus* Nobis, *Cervus elaphus* Linnaeus, Megacerini gen. sp. indet., *Bos primigenius* Bojanus. Datazioni effettuate con il metodo della racemizzazione su un molare di quest'ultima specie hanno fornito un'età di circa 174 ka (Biddittu & Celletti, 2001). Tenendo conto di questa datazione la fauna può essere attribuita all'Aureliano inferiore anche se il tipo di associazione non esclude un riferimento all'ultimo interglaciale (*sensu* Palombo, 2005). Viene quindi confermato il riferimento dei depositi al Pleistocene medio finale.

1.1.6. - *Sintema di Isoletta* (**ISL**)

Appartengono a questo sintema depositi di ambiente diverso, quali depositi di versante (brecce cementate, $\mathbf{ISL_a}$) di conoide alluvionale, alluvioni terrazzate (terrazzi del I° ordine) travertini e depositi vulcanoclastici più o meno rimaneggiati ed alterati non cartografabili. Le alluvioni terrazzate di questo sintema affiorano in lembi di limitata estensione, incassati nei depositi più antichi, e delimitati al tetto da una superficie erosionale.

PROGETTO CARG

Nei depositi alluvionali sono state rinvenuti , tra gli altri resti, di *Cervus elaphus* Linnaeus e *Bos primigenius* Bojanus (Palombo *et alii*, 2003a), scarsamente indicativi dal punto di vista cronologico.

L'età del sintema può essere riferita al Pleistocene superiore.

1.1.7. - *Depositi attuali e recenti*

I depositi più recenti sono costituiti da depositi di versante **a**, da depositi alluvionali (**b**) recenti, ciottoloso sabbiosi, da coltri eluvio colluviali ($\mathbf{b_2}$), generalmente limoso-sabbiose da depositi di frana ($\mathbf{a_1}$) e vulcanoclastiti (**l**).

I depositi di versante formano talora ampie fasce detritiche, generalmente di materiale sciolto, che ammantano i piedi dei versanti. All'interno dei rilievi carbonatici le depressioni e le forme carsiche sono spesso colmate da depositi eluvio-colluviali argilloso-limosi, spesso ricchi di vulcanoclastiti rimaneggiate.

I depositi di frana presentano notevole estensione in corrispondenza del fronte di sovrascorrimento delle strutture carbonatiche sui depositi terrigeni, dove sono legati prevalentemente a frane da crollo, ribaltamento e subordinatamente a movimenti rotazionali e traslazionali, che spesso riattivano accumuli più antichi. Nei settori di affioramento delle coltri caotiche prevalgono invece colate e frane rototraslazionali. La parte superficiale dei depositi terrigeni è caratterizzata di frequente dalla presenza di una coltre eluvio-colluviale, anche dello spessore di alcuni metri: in tali coltri si sviluppano spesso deformazioni superficiali lente.

Nelle aree di affioramento delle vulcaniti si rinvengono estese coltri caratterizzate da depositi eluvio-colluviali recenti ed attuali ad elementi vulcanici di dimensioni eterogenee (clasti scoriacei o lavici più o meno arrotondati, cristalli liberi), ricche di resti vegetali e humus. Generalmente si presentano incoerenti, a granulometria argilloso-limoso-sabbiosa e di colore da avana a marrone scuro, ove interessate da un processo avanzato di pedogenizzazione. Caratterizzano le incisioni dei fossi e le zone più pianeggianti, dove appaiono spesso intensamente rielaborate dalle attività agricole. Queste coperture sono state cartografate come tali laddove il loro spessore, di ordine metrico, non consentiva di riconoscere il litotipo primario sottostante.

Olocene -Attuale.

PROGETTO CARG

VIII - ASPETTI CHIMICO-PETROGRAFICI E GEOCRONOLOGICI DELLE VULCANITI DELLA MEDIA VALLE LATINA

(D. Dolfi, D. M. Palladino, R. Trigila & V. Zanon)

1. - GENERALITÀ

Le vulcaniti affioranti all'interno del Foglio 402 "Ceccano" hanno caratteri composizionali che, ricalcando quelli dell'intero Distretto Vulcanico della Media Valle Latina, comprendono, per valori di K_2O crescenti, sia termini ad affinità calcoalcalina (CA) e shoshonitica (SHO) che ad alto tenore in potassio (HKS). Questi prodotti sono ascrivibili all'attività vulcanica di piccoli centri eruttivi, per lo più monogenici, ubicati lungo la valle del Fiume Sacco, a partire dall'abitato di Ceccano fino a pochi chilometri dall'abitato di Ceprano. La loro attività, prevalentemente esplosiva a bassa energia, è stata sia di tipo magmatico (di stile hawaiiano-stromboliano) che idromagmatico; quella effusiva, per quanto deducibile dalle rocce in affioramento, appare subordinata. Fra i centri poligenici è certamente da annoverare il Vulcano di Pofi. In alcuni centri ad attività mista (es. Colle Capirolo, Colle Selva Piana, Mola a Vento) le differenze composizionali osservate fra lave e scorie si possono attribuire o alle diverse modalità di cristallizzazione o anche a processi di alterazione idrotermale.

Il rimaneggiamento post-deposizionale costituisce una nota peculiare delle unità piroclastiche in studio, rappresentate molto spesso da bancate di lapilli

PROGETTO CARG

scoriacei e litici sostenute da abbondante matrice cineritica, contenente materiale sabbioso proveniente dallo smantellamento del substrato arenaceo. Solo in qualche caso è possibile trovare depositi piroclastici in giacitura primaria, costituiti da materiale scoriaceo anche grossolano (bombe e blocchi) e tutt'ora in buono stato di conservazione (ad es. unità di Colle Trinfe Derimbo, Colle La Grotta, Pofi).

Su base volumetrica, le lave affioranti nell'area del Foglio costituiscono una minoranza e sembrano relazionate esclusivamente ai centri di Colle Spinazzeta, Colle Vento, Colle Selva Piana, Colle Trinfe Derimbo, Colle Capirolo e al Vulcano di Pofi. Tuttavia la loro reale estensione è sicuramente superiore a quella visibile, come documentato, nel caso del *plateau* lavico di Fosso Meringo, da dati di sondaggi distribuiti per vari chilometri tra Pofi ed il corso del Fosso Meringo e dal rinvenimento di inclusi lavici in vari depositi piroclastici, non correlabili direttamente con unità effusive affioranti. Oltre che dai prodotti dell'attività esplosiva successiva alle effusioni, i depositi lavici sono localmente sepolti nelle alluvioni recenti del F. Sacco.

Nei Cap. 2, 3, 4 verranno trattati gli aspetti composizionali delle vulcaniti affioranti nel Foglio, mentre i dati geocronologici saranno discussi nel Cap. 5.

2. - PETROGRAFIA DEI CLASTI SCORIACEI

I caratteri microscopici dei depositi piroclastici ne evidenziano la struttura clastica, essendo la componente juvenile rappresentata principalmente da clasti scoriacei (es. Fig. 10, Fig. 11) e da frammenti di singoli minerali; più rari sono i frammenti litici accessori, di tipo lavico, e accidentali, di rocce carbonatiche, prevalentemente ascrivibili al Miocene. La matrice delle piroclastiti è costituita dagli stessi minerali che compaiono come fenocristalli nei clasti juvenili e da una porzione cineritica vetrosa, in gran parte in via di devetrificazione, localmente resa più compatta da processi di carbonatazione e zeolitizzazione. I campioni scoriacei analizzati ricadono essenzialmente nelle classi dimensionali di bombe o blocchi e dei lapilli; mostrano in genere un buon grado di conservazione ed una colorazione nelle tonalità del grigio, eccetto quei campioni che per il rapido raffreddamento hanno assunto un aspetto ossidianaceo (Colle La Grotta).

La struttura dei clasti scoriacei è, di norma, porfirica ipoialina, più raramente vitrofirica (unità di Colle La Mola e Colle Spinazzeta). La tessitura è isotropa. In base alla paragenesi delle fasi cristalline che, come meglio sarà specificato di seguito, è in relazione al chimismo della roccia, si distinguono due associazioni: la prima è caratterizzata da cristalli intratellurici di prevalente clinopirosseno (cpx) e subordinata olivina (ol), cui possono aggiungersi rari individui di plagioclasio (plg) e magnetite (mt); alla seconda fanno capo le paragenesi a clinopirosseno e leucite cui talora si aggiunge flogopite (phl). Le paragenesi della pasta di fondo

PROGETTO CARG

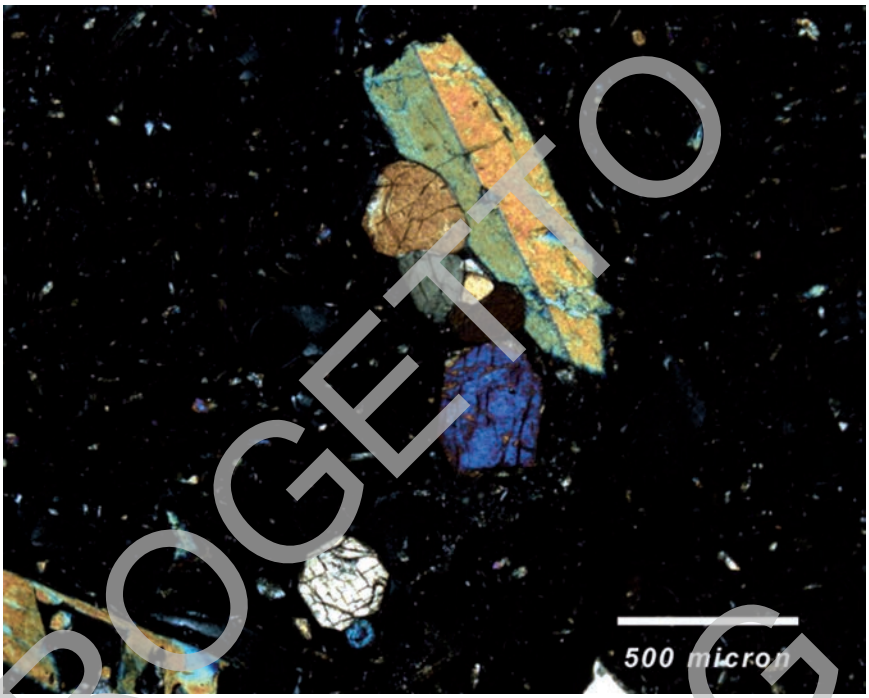


Fig. 10 - *Fenocristalli di clinopirosseno augitico in una scoria basaltico-shoshonitica dell'unità di Colle Farneta (campione PZ001 al microscopio ottico; in luce polarizzata, a nicols incrociati). L'abbondante cristallizzazione del clinopirosseno, insieme all'assenza di plagioclasio nella paragenesi dei fenocristalli, è probabilmente dovuta a significativi valori di H_2O disciolta nel fuso.*

ricalcano quelle intratelluriche, cui si aggiunge il vetro. L'indice di porfiricità è in genere più elevato nei prodotti del primo gruppo (20-30%) e più ridotto nei campioni del secondo gruppo (fino al 10%).

La vescicolarità, determinata tramite analisi di immagine al microscopio polarizzatore, è molto variabile (in genere <55% nella classe dei lapilli) e in diversi casi fa supporre un intervento diffuso di volatili esterni nel fenomeno esplosivo. Nelle bombe vulcaniche le vescicole risultano spesso addensate verso il nucleo, con diametri massimi fino ad 8 mm. Talora le vescicole sono riempite, o bordate, da materiale zeolitico, di tipo phillipsite o analcime. Il vetro della pasta di fondo è normalmente costituito da tachilite di colore bruno, di regola opaco per la diffusa presenza di germi cristallini. La varietà sideromelano, trasparente e di colore giallo-miele, è molto meno frequente. In alcuni campioni scoriacei si riscontra la presenza di xenoliti di arenaria (Ø ≤ 2.5 cm) che mostrano talora evidenti effetti termometamorfici lungo i bordi e cioè al contatto con il magma ospite.

PROGETTO CARG

Fig. 11 - *Fenocristallo euedrale di mica bruna (biotite) in una scoria Na-basaltica dell'unità di Colle Quartarano (campione PZ004 al microscopio ottico; in luce polarizzata, a nicols incrociati). Nella pasta di fondo minutamente vescicolata è presente analcime da alterazione della leucite, che conferisce alla roccia il carattere sodico.*

3. - PETROGRAFIA DEI TERMINI LAVICI

I prodotti dell'attività effusiva sono normalmente presenti sotto forma di colate od in qualche caso anche in giacitura filoniana (es. dicchi delle unità di Colle Spinazzeta e Pofi). Alcune di queste colate rivelano uno spinto grado di alterazione (es. unità di Colle Capirolo e Colle Vento e, a luoghi, presentano esfoliazione cipollare, legata ad una deposizione in ambiente di acque basse; altre evidenziano condizioni di raffreddamento meno rapido, con formazione di fessurazione colonnare e zona di tetto a prevalente esfoliazione cipollare; altre ancora si presentano in giacitura massiva (Fosso Meringo).

I caratteri microscopici ricalcano quelli dei prodotti scoriacei: l'indice di porfiricità non supera il 40%, ma la pasta di fondo è frequentemente olocristallina o con scarsissimo vetro fra i microliti. La tessitura è isotropa e in qualche caso fluidale.

PROGETTO CARG

Anche per le lave si presenta la caratteristica bimodalità riscontrata per le piroclastiti. Infatti il tenore in fenocristalli delle lave ad affinità CA-SHO è di norma più elevato di quello delle lave a carattere HKS. Nel primo caso (lave appartenenti alle unità di Colle Spinazzeta, Colle Selva Piana e Colle Trinfe Derimbo), il tenore è in genere compreso tra il 20% e il 40%, con una paragenesi rappresentata da cpx ± ol ± plg. La pasta di fondo è costituita dalla stessa paragenesi a cui si aggiunge la magnetite. Nel secondo caso (rappresentato dalle lave dell'unità di Pofi e di Fosso Meringo) il tenore è normalmente compreso fra il 10 e il 30%, con paragenesi dei fenocristalli rappresentata da cpx ± ol ± lc. Nella pasta di fondo è presente il cpx salitico, che di volta in volta si può trovare associato a lc, plg di composizione intermedia, sanidino (san), ol, phl, anfibolo (amph) e mt.

4. - CARATTERI PETROCHIMICI DELLE VULCANITI

Il magmatismo della Media Valle Latina si inquadra nel più ampio contesto della Regione Comagmatica Romana (Washington, 1906) o Provincia Romana (Peccerillo, 2005). I primi studi a carattere chimico, condotti sulle vulcaniti effusive della Media Valle Latina (Appleton, 1972; Civetta *et alii*, 1981) riconobbero due distinte serie di rocce: una serie potassica (KS) ed una serie alta in potassio (HKS), caratterizzate da differenti arricchimenti in potassio ed elementi incompatibili e da differenti rapporti isotopici del Nd e dello Sr. Più recentemente sono stati riportati anche chimismi basici a basso contenuto in potassio ($K_2O \approx$ 0.5-1.0 wt%), inquadrati a loro volta fra quelli dei basalti di stirpe calcoalcalina (Frezzotti *et alii*, 2007; Boari *et alii*, 2009). Questi litotipi, pur presentando un tenore in K_2O ed un rapporto K_2O/Na_2O (<0.30) tipico dei basalti calcoalcalini, sono sottosaturi in silice (presenza di nefelina normativa) e pertanto sarebbe meglio classificarli come basalti a basso tenore in potassio (LKB), termine suggerito da Peccerillo (2005) per chimismi del tutto paragonabili riscontrati nel distretto vulcanico di Roccamonfina (Giannetti & Ellam, 1994). Altre distinzioni sono state, poi, operate anche nell'ambito dei termini della serie HKS da Boari *et alii* (2009) che, in base al rinvenimento di melilite nella pasta di fondo dei prodotti del centro eruttivo del Castellone ed all'elevato rapporto isotopico dello Sr, ne hanno proposto un inquadramento nell'ambito dei termini della serie kamafugitica.

In tab. 1 sono riportate 34 nuove analisi chimiche rappresentative delle unità vulcaniche distinte nel Foglio 402 "Ceccano". La relativa classificazione TAS è riportata in Fig. 12. Sulla base della terminologia summenzionata, le composizioni risultanti ricadrebbero nel campo dei prodotti HKS, KS e LKB. Non sono state rinvenute composizioni di tipo kamafugitico.

Nell'ambito delle analisi chimiche effettuate per questo lavoro, inoltre, quelle di quattro campioni (PZ003, PZ004, PZ005, FT012) mostrano segni di altera-

PROGETTO CARG

Tabella 1: *Composizioni chimiche rappresentative dei campioni di vulcaniti del Foglio 402 "Ceccano", analizzati per fluorescenza e microsonda elettronica (elementi maggiori e minori) e attivazione neutronica (elementi in tracce).*

campione	PZ010	PZ007	FT013	FT014	PZ004	FT018	FT019	FT020	FT021	FT022	FT027
unità	Colle la Grotta	Colle della Mola	Colle della Mola	Colle Sciassa	Colle Quartarano	Fosso Meringo	Fosso Meringo	Fosso Meringo	Fosso Meringo	Fosso Meringo	Fosso Meringo
tipologia	scoria	scoria	scoria	scoria	scoria	lava	lava	lava	lava	lava	lava
SiO_2	51,53	49,5	49,73	48,89	48,7	48,14	48,26	47,44	48,21	47,49	48,21
TiO_2	0,67	0,73	0,77	0,92	0,72	0,81	0,78	0,78	0,81	0,78	0,80
Al_2O_3	19,07	15,3	14,51	13,8	15,21	15,49	15,35	15,97	15,71	15,32	15,48
Fe_2O_3	8,00	7,27	7,67	9,95	7,24	7,92	7,51	7,65	7,97	7,98	7,92
MnO	0,17	0,13	0,15	0,18	0,44	0,15	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15
MgO	2,49	4,97	5,74	8,45	5,11	5,95	5,95	5,53	6,01	6,42	5,24
CaO	8,55	10,11	10,57	12,89	10,49	11,21	11,55	11,02	11,32	11,51	10,96
Na_2O	3,36	1,12	1,37	1,94	4,12	1,92	2,19	1,70	1,93	1,48	2,32
K_2O	4,20	5,75	6,98	2,26	0,56	6,40	6,79	6,58	7,01	6,79	7,43
P_2O_5	0,27	0,33	0,34	0,18	0,32	0,42	0,50	0,48	0,39	0,46	0,42
LOI	0,99	3,69	1,97	0,52	6,66	1,06	0,61	1,11	0,92	1,48	0,50
Totale	**99,30**	**98,90**	**99,80**	**99,98**	**99,57**	**99,47**	**99,62**	**98,40**	**100,42**	**99,86**	**99,43**
Ba	627	1128	1158	413	920	954		954	852	920	961
Ce	120	180	199	50	173	189		169	155	173	174
Co	50	25	29,6	40	29	25		30	28	29	27
Cr	20	50	38	202	151	132		124	161	151	106
Cs	14,5	37,5	—	—	—	—		—	24,4	—	—
Dy	4,9	6,3	—	—	—	—		—	6,6	—	—
Er	2,6	2,7	—	—	—	—		—	3,2	—	—
Eu	2,05	3,08	—	—	—	—		—	3,08	—	—
Ga	19	16	16,5	14,7	14,9	14,8		15,7	15	14,9	16,5
Gd	6,6	10,9	—	—	—	—		—	12	—	—
Ge	1	1	—	—	—	—		—	2	—	—
Hf	3,7	6,1	—	—	—	—		—	6,4	—	—
Ho	0,9	1	—	—	—	—		—	1,1	—	—
In	0,2	0,2	—	—	—	—		—	—	—	—
La	62,3	82,5	105	20	96	104		96	92,5	96	103
Lu	0,34	0,31	—	—	—	—		—	0,23	—	—
Nb	13	11	7,8	5,7	8,6	8,5		9	11	86	7,5
Nd	46	78,1	—	—	—	—		—	85,2	—	—
Ni	20	40	47,9	62	64	56		53	70	64	53
Pr	13	20,4	—	—	—	—		—	21	—	—
Rb	194	568	415	80	368	443		389	251	368	351
Sm	8,3	14,3	—	—	—	—		—	15,5	—	—
Sr	1397	914	1300	664	1528	1582		1529	1480	1528	1564
Ta	0,8	0,5	—	—	—	—		—	0,6	—	—
Tb	1	1,4	—	—	—	—		—	1,5	—	—
Th	22,6	36,6	47,3	8	34,6	32,4		30,8	0	34,6	30,1
Tl	0,7	4,9	—	—	—	—		—	—	—	—
Tm	0,38	0,36	—	—	—	—		—	0,44	—	—
U	6,8	5,6	—	—	—	—		—	—	—	—
V	188	223	218	236	210	227		214	234	210	222
Y	29	34	23,9	17,6	26,4	27,9		25,8	34	26,4	27
Yb	2,3	2,2	—	—	—	—		—	2,3	—	—
Zr	166	248	269	90	6	264		262	243	6	270

PROGETTO CARG

segue Tabella 1

campione	FT005	FT008	TV001	FT009	FT010	PZ001	FT001	FT002	PZ006	FT015	FT023
unità	Colle Vento	Colle Selva Piana	Colle Selva Piana	C.le Trinfe Derimbo	C.le Trinfe Derimbo	Colle Farneta	Colle Spinazzeta	Colle Spinazzeta	Pofi	Pofi	Colle Marte
tipologia	lava	scoria	lava	scoria	lava	scoria	scoria	lava	scoria	scoria	scoria
SiO_2	48,4	47,64	49,44	48,52	48,7	48,06	47,47	49,19	47,94	48,85	48,53
TiO_2	0,86	0,86	0,75	0,89	0,80	0,81	0,84	0,77	0,78	0,85	0,82
Al_2O_3	17,15	12,92	17,93	14,36	14,18	13,70	14,15	13,35	16,21	12,38	12,92
Fe_2O_3	8,83	9,69	8,14	9,47	8,38	8,63	9,34	7,91	7,90	9,75	9,43
MnO	0,16	0,17	0,15	0,17	0,14	0,16	0,16	0,15	0,15	0,18	0,17
MgO	6,55	8,84	6,60	7,83	7,51	8,59	8,16	9,60	5,26	9,99	9,02
CaO	11,49	15,41	11,35	12,65	13,99	14,59	14,88	13,83	10,96	13,19	12,49
Na_2O	2,51	1,73	3,33	2,28	2,73	2,24	1,84	2,04	2,02	1,57	1,54
K_2O	0,58	1,61	0,77	1,69	0,50	1,63	2,38	2,40	6,11	1,40	2,25
P_2O_5	0,25	0,17	0,26	0,22	0,24	0,20	0,21	0,22	0,41	0,48	0,16
LOI	2,19	1,05	1,75	1,69	2,70	0,87	0,81	0,58	1,06	1,78	1,09
Totale	**98,97**	**100,09**	**100,47**	**99,77**	**99,87**	**99,48**	**100,24**	**100,04**	**98,80**	**100,42**	**98,42**
Ba	620				915	433	395	406	884		
Ce	79,8				173	56,6	61,5	61,8	185		
Co	33				22	34	37	38	28		
Cr	475				50	370	251	265	120		
Cs	40,4				34,8	5,4	6,1	5,9	24,6		
Dy	4,3				6,3	3,7	3,9	3,9	6,5		
Er	2,4				2,7	1,9	2,2	2,3	2,8		
Eu	1,69				3,1	1,42	1,46	1,48	3,12		
Ga	14				15	13	14	14	17		
Gd	5,9				10,9	4,9	4,9	5	10,7		
Ge	2				1	1	2	2	1		
Hf	3				6	2,4	2,6	2,6	6,2		
Ho	0,8				1	0,7	—	—	1,1		
In	—				0,2	0,2	—	—	0,2		
La	43,5				81,2	27,1	29,8	29,7	89,1		
Lu	0,24				0,3	0,23	0,22	0,23	0,33		
Nb	7				9	6	6	6	13		
Nd	37,1				77,9	26,5	29,1	28,9	78,9		
Ni	82				40	60	70	80	50		
Pr	8,97				20,4	6,7	6,9	6,9	21,1		
Rb	77				442	84	109	98	344		
Sm	7,2				13,8	5,3	5,9	5,8	14		
Sr	991				666	817	905	884	1646		
Ta	0,5				0,5	0,4	0,6	0,6	0,6		
Tb	0,9				1,4	0,7	0,8	0,8	1,4		
Th	—				36	7,5	—	—	29,9		
Tl	—				4,5	0,4	—	—	1,1		
Tm	0,36				0,4	0,27	0,32	0,33	0,38		
U	—				2,8	2	—	—	6,5		
V	231				224	238	238	238	228		
Y	25				33	21	22	22	35		
Yb 2				2,1	1,6	1,8	1,8	2,3			
Zr 112				245	95	92	89	256			

PROGETTO CARG

segue Tabella 1

campione	FT024	PZ005	FT025	PZ002	FT003	TV002	FT011	PZ003	FT012	FT026	FT028	FT029
unità	Colle Marte	Colle Marte	Colle Rovere	Colle Capirolo	Colle Capirolo	Colle Capirolo	Arnara	Arnara	Arnara	Mola a Vento	Mola a Vento	Colle Borello
tipologia	masso lavico	scoria	scoria	scoria	scoria	lava	scoria	scoria	scoria	scoria	scoria	scoria
SiO_2	48,32	47,87	47,89	48,31	49,75	50,06	49,04	47,85	48,73	48,79	47,88	49,05
TiO_2	0,79	0,81	0,97	0,84	0,89	0,82	0,89	0,77	0,87	0,78	0,82	0,84
Al_2O_3	15,51	16,88	13,22	17,32	12,94	18,00	15,44	14,81	14,69	12,05	15,31	12,32
Fe_2O_3	7,58	6,67	10,46	9,03	9,70	8,78	8,10	6,33	8,26	9,21	8,18	9,21
MnO	0,15	0,15	0,19	0,16	0,17	0,17	0,16	0,13	0,16	0,16	0,16	0,17
MgO	6,11	5,33	9,77	4,75	9,28	4,39	5,40	5,35	6,49	10,59	5,60	10,57
CaO	10,88	11,24	13,55	11,64	13,18	9,62	10,61	11,78	11,26	14,89	11,25	13,49
Na_2O	1,86	4,01	1,53	2,76	1,76	3,62	2,23	2,18	4,12	1,59	1,77	1,53
K_2O	7,39	0,60	2,35	2,03	2,09	2,13	5,62	1,87	1,40	1,41	6,96	2,28
P_2O_5	0,42	0,30	0,17	0,23	0,16	0,37	0,33	0,21	0,30	0,18	0,4	0,16
LOI	0,76	5,13	0,14	2,91	0,32	2,06	1,64	7,57	2,84	0,35	1,23	0,94
Totale	**99,77**	**98,99**	**100,24**	**99,98**	**100,24**	**100,01**	**99,46**	**98,85**	**99,12**	**100,00**	**99,56**	**100,56**
Ba	884		488	577			1225	1098	662		937	461
Ce	186		75	91,1			174	152	192		207	77
Co	30		44	31			29	21	21		32	41
Cr	130		248	40			46	110	110		94	307
Cs	—		—	16,7			—	16,3	48,1		—	—
Dy	—		—	4,5			—	5,6	7,3		—	—
Er	—		—	2,3			—	2,4	3,2		—	—
Eu	—		—	1,84			—	2,64	3,42		—	—
Ga	16,1		14	18			15,7	14	15		16,8	12,5
Gd	—		—	6			—	9,1	12,2		—	—
Ge	—		—	1			—	1	1		—	—
Hf	—		—	3,3			—	4,7	5,7		—	—
Ho	—		—	0,8			—	1	1,2		—	—
In	—		—	0,2			—	0,2	0,2		—	—
La	101		28	45,7			96	66,8	96,6		104	35
Lu	—		—	3,3			—	0,28	0,37		—	—
Nb	8,4		6,3	10			7,3	8	12		8,9	7,5
Nd	0		0	37,7			—	63,5	87		—	—
Ni	55		63	20			43	40	40		49	77
Pr	—		—	10,1			—	16,6	22,8		—	—
Rb	365		109	252			51,2	223	1000		410	103
Sm	—		—	7			—	11,9	15,6		—	—
Sr	1460		846	1134			1622	1615	1643		1558	784
Ta	—		—	0,6			—	0,4	0,6		—	—
Tb	—		—	0,9			—	1,2	1,6		—	—
Th	34,6		7,3	15			35	25,8	29,2		34,2	10
Tl	—		—	1,2			—	0,6	1,6		—	—
Tm	—		—	0,34			—	0,33	0,44		—	—
U	—		—	3,6			—	4,6	4,4		—	—
V	232		271	220			232	208	227		233	231
Y	25,9		21,7	25			24,1	30	40		27,6	21,9
Yb	—		—	2,1			—	2	2,7		—	—
Zr	263		108	133			239	195	262		270	120

PROGETTO GARG

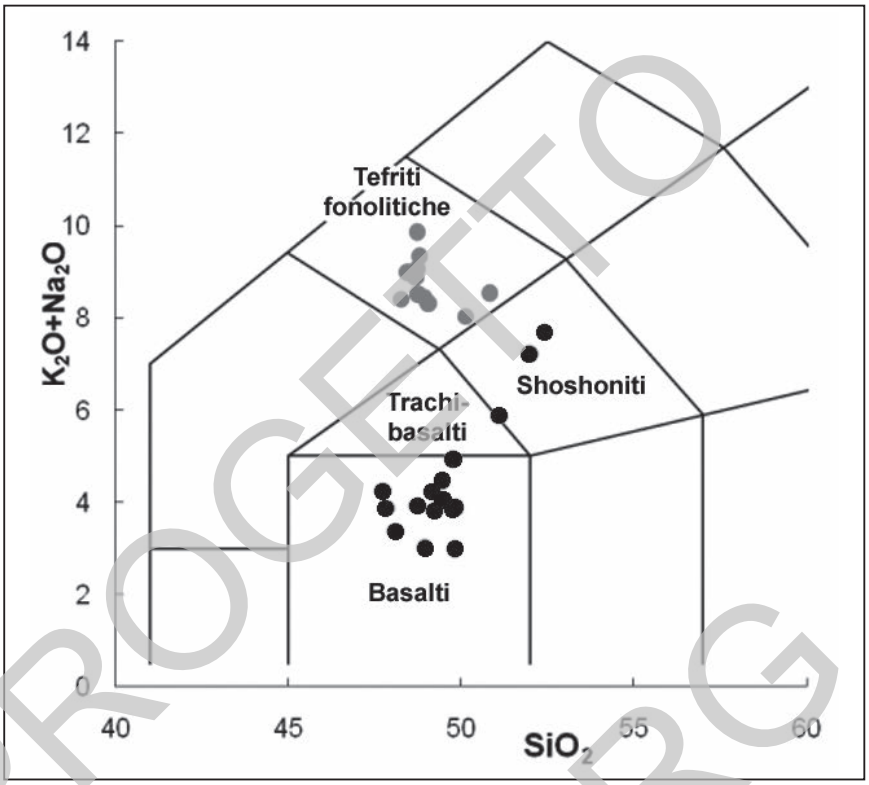


Fig.12 - *Diagramma classificativo TAS (Total Alkali-Silica) delle vulcaniti del Foglio 402 "Ceccano" (dati analitici in Tabella 1, riportati a 100 su base anidra). Si osserva la quasi esclusiva collocazione dei punti relativi alle rocce analizzate nel campo dei basalti ed in quello delle tefriti fonolitiche potassiche. Pochi punti si collocano al confine con il campo dei trachibasalti e fra quest'ultimo e quello delle shoshoniti. In nero sono riportati i punti relativi ai litotipi della serie a basso tenore in potassio (KS); in grigio quelli della serie ad alto tenore in potassio (HKS).*

zione sin- o post-deposizionale, documentati dalla elevata L.O.I. associata ad un carattere seriale fortemente sodico, che tuttavia è facile attribuire ad un avanzato processo di analcimizzazione del vetro. Risulta pertanto piuttosto incerta la definizione della loro affinità magmatica originaria, ed anche se l'elevato rapporto La_n/Yb_n (≈ 28) deporrebbe a favore di un'affinità HKS, i rispettivi dati analitici non sono stati inseriti nei diagrammi di variazione sottoriportati.

Nel diagramma TAS di Fig. 12, i punti relativi al complesso dei campioni analizzati si trovano addensati nel campo dei basalti (SiO_2 = 47.74÷49.77 %; alcali = 2.99÷4.93 %) ed in quello delle tefriti fonolitiche (SiO_2 = 48.27÷50.83 %; alcali = 8.02÷9.86 %). A partire dal campo dei basalti, la disposizione dei punti relativi alle lave di Colle Spinazzeta e Colle Capirolo e alle scorie di Colle la Grotta

PROGETTO CARG

(campioni FT002, TV002, PZ010), a cavallo dei campi dei trachibasalti e delle shoshoniti, potrebbe indicare una tendenza evolutiva del processo di differenziazione magmatica verso termini più ricchi in K_2O. Dal diagramma TAS è inoltre evidente una certa discontinuità composizionale fra i termini di tipo HKS e quelli KS (Appleton, 1972; Civetta *et alii*, 1981): è questa un'altra peculiarità del distretto vulcanico della Media Valle Latina che non trova riscontro in altri distretti del magmatismo potassico Quaternario dell'Italia centrale (Trigila *et alii*, 1991).

Le relazioni composizionali nell'ambito dei termini basaltici *s.l.,* ed in particolare fra questi ultimi e i termini shoshonitici, sono meglio puntualizzate nel diagramma SiO_2-K_2O (Fig. 13). Alcuni chimismi intermedi tra gli LKB ed i trachibasalti potrebbero essere classificati come basalti alti in potassio (HKB), anche se il più scarso contenuto in K_2O rispetto ai termini ad affinità shoshonitica potrebbe essere legato a processi sineruttivi o post-deposizionali (deuteresi pneumatolitica, alterazione idrotermale, zeolitizzazione).

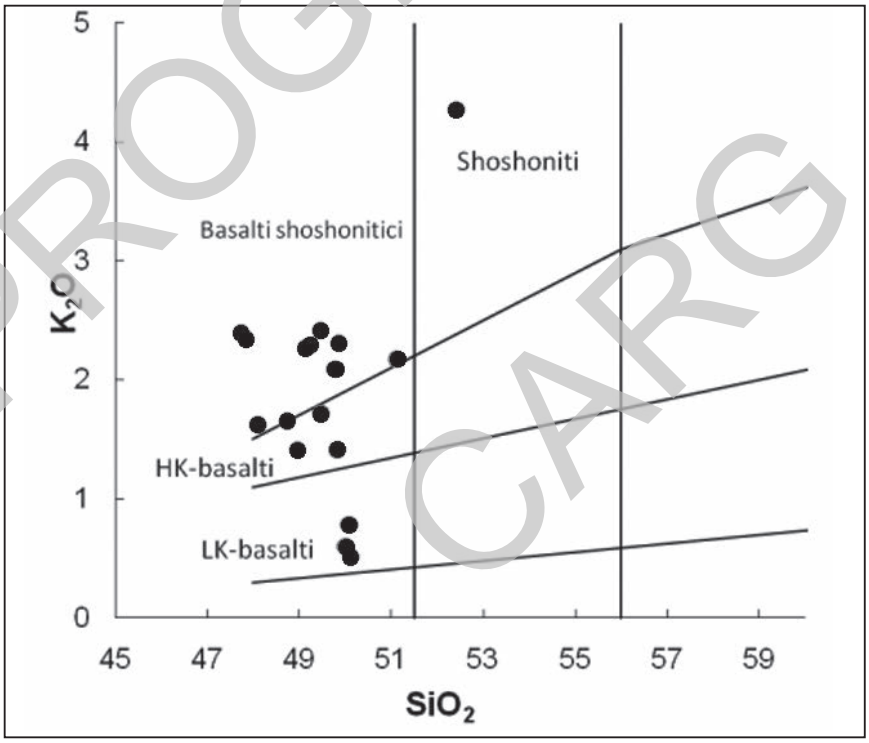


Figura 13. Diagramma SiO_2-K_2O relativo alle vulcaniti basaltiche s.l.. Sulla base di tenori crescenti in K2O è possibile distinguere tali vulcaniti in quattro gruppi: basalti a basso tenore in potassio (LK-basalti o LKB) (K_2O = 0,58-0,77%), basalti ad alto tenore in potassio (HK-basalti o HKB) (K_2O = 1,40-1,69%), basalti shoshonitici (K_2O = 1,87-2,38%) ed infine un termine shoshonitico.

PROGETTO CARG

I tenori di MgO da moderati ad alti (Fig. 14) differenziano, al pari del contenuto in potassio, le rocce analizzate nei gruppi individuati nelle figure 12 e 13. In particolare, questo parametro evidenzia come nell'ambito dei termini della serie KS si passi da termini più primitivi (MgO=10.61%) a termini più differenziati (MgO=2.53%), mentre questa evoluzione non compare negli altri due gruppi, rappresentati dai litotipi tefritico-fonolitici (HKS) e da quelli basaltici a basso tenore in potassio (LKB). Nell'ambito degli elementi maggiori, CaO è correlato positivamente con MgO, mentre andamenti negativi si riscontrano tra MgO ed Al_2O_3. Il diagramma MgO-Na_2O pone inoltre in evidenza come esista una continuità tra i termini dei gruppi KS, HKB e LKB, ma non tra questi e i litotipi HKS.

Ugualmente negative sono le relazioni tra MgO ed elementi in traccia incompatibili (Sr, Rb, La, Zr, ecc.), anche se i gradi di dispersione risultano maggiori (Tab.1). Gli andamenti delle terre rare (Fig. 15) risultano frazionati, con rapporti La/Yb che aumentano passando da KS (≈ 11-15) ad HKS (≈ 25-29). Non si evidenziano variazioni significative tra LKB e KS. Piccole anomalie negative di Eu si riscontrano in tutti i campioni. L'andamento delle abbondanze degli altri elementi incompatibili (Fig. 16) sottolinea il carattere orogenico dei magmi, marcato da impoverimenti relativi in HFSE, Nb, Ta e Ba, e da arricchimenti in LREE.

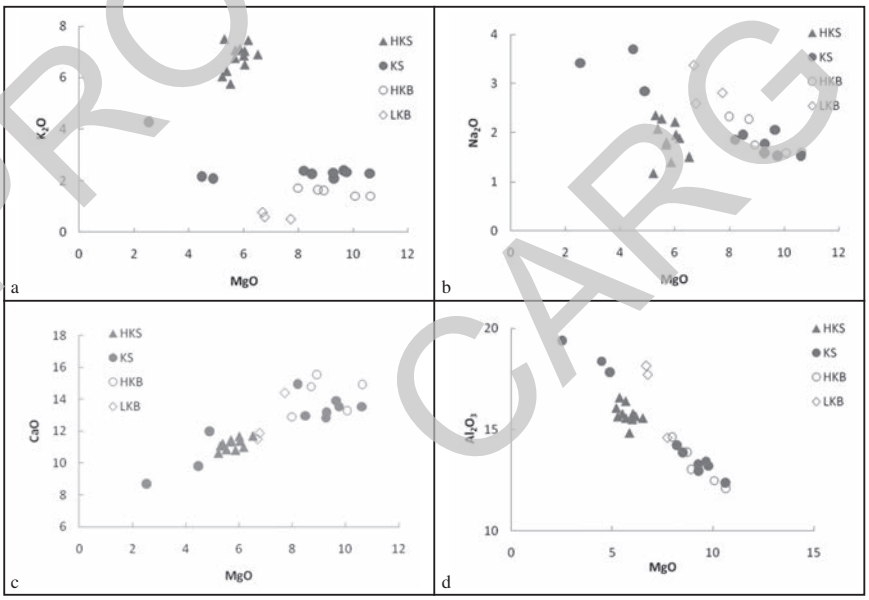


Fig.14 - *Diagrammi di variazione MgO-K_2O (a), -Na_2O (b), -CaO (c) e -Al_2O_3 (d), che illustrano le relazioni composizionali fra i litotipi a diversa affinità. Il grado di evoluzione dei litotipi è indicato da tenori decrescenti in MgO. Si noti come si possa identificare un percorso evolutivo comune nei termini a diversa affinità, al di là dei processi di alterazione sin- e post-deposizionale (particolarmente evidenti in a e b).*

PROGETTO CARG

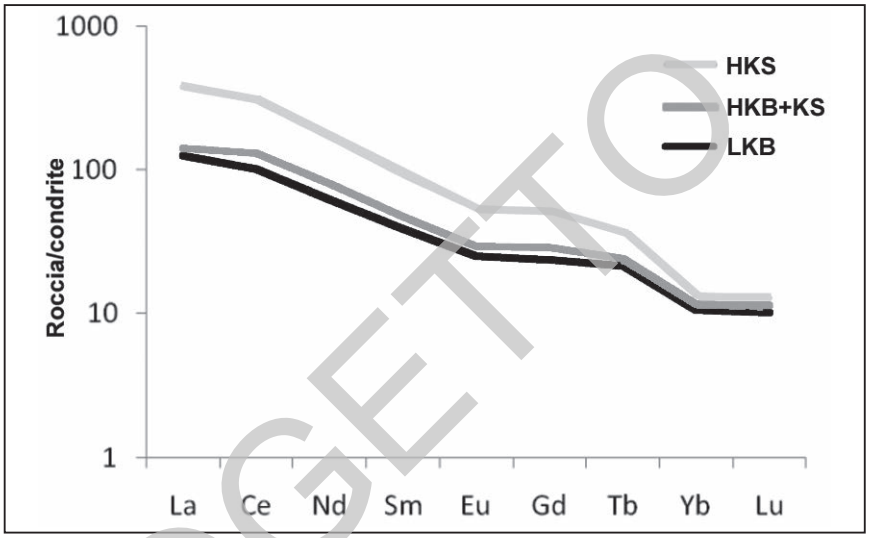


Fig. 15 - *Diagramma* spider *delle terre rare, normalizzate alla composizione condritica. I profili rappresentativi dei gruppi di rocce distinti mettono in evidenza una sostanziale omogeneità composizionale fra i litotipi LKB, HKB e KS, mentre il gruppo HKS mostra valori maggiori dei rapporti, interpretabili come un effetto del frazionamento magmatico.*

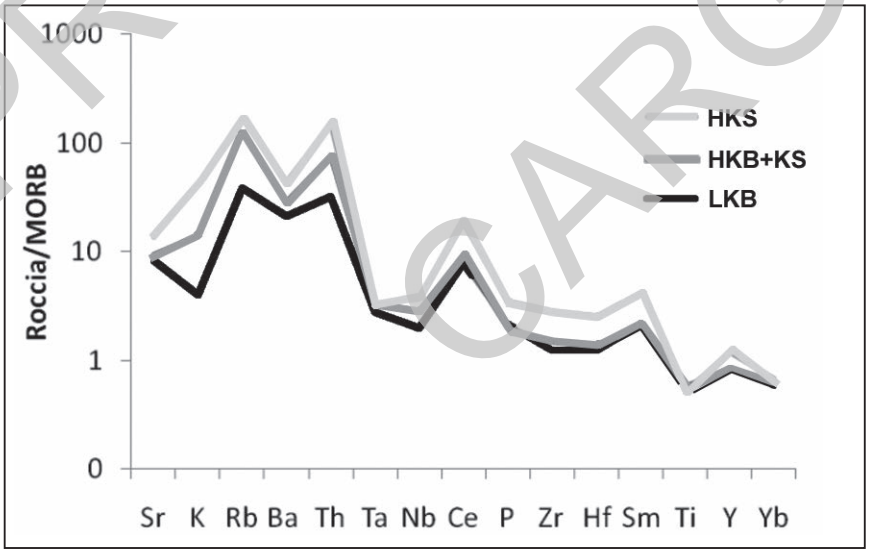


Fig.16 - Diagramma spider *degli elementi incompatibili, normalizzati alla composizione MORB, che sottolinea la generale cogenicità fra i diversi gruppi di litotipi, marcata da corrispondenti impoverimenti in HFSE, Nb, Ta e Ba, e da arricchimenti in terre rare leggere.*

PROGETTO CARG

Si osserva infine che, tenendo presente la distribuzione areale delle vulcaniti, i termini HKS, costituiti prevalentemente da tefriti fonolitiche, affiorano principalmente nel settore centrale del Foglio, tutto intorno all'abitato di Pofi, mentre i termini KS e/o LKB e HKB, per lo più a chimismo basaltico, affiorano lungo il Fiume Sacco a sud-est dell'abitato di Ceccano.

Come vedremo meglio in seguito (Cap. 5), i termini fonotefritici caratterizzano alcune delle manifestazioni eruttive più antiche nell'area del Foglio e sono volumetricamente i più significativi; i termini basaltici, sebbene siano stati eruttati da numerosi centri (Colle Trinfe Derimbo, Colle Spinazzeta, Colle Selva Piana, Colle Vento, Colle Farneta, etc.), sono quelli volumetricamente meno rappresentati.

In conclusione, sono state avanzate due possibili spiegazioni per giustificare la presenza di litotipi con grado di evoluzione paragonabile ma differente affinità alcalina, ed eruttati in un ambito spazio-temporale ristretto: la prima suppone che la simultanea presenza di termini a diversa affinità seriale sia l'eredità di diverse modalità del processo di fusione parziale del mantello, o addirittura di eterogeneità del mantello stesso (Appleton, 1972; Civetta *et alii*, 1981; Frezzotti *et alii*, 2007; Boari *et alii*, 2009). La seconda ipotesi contempla la genesi dei litotipi HKS per evoluzione diretta da composizioni KS in seguito a frazionamento magmatico controllato da una diversa composizione della fase volatile (Trigila *et alii*, 1991), a sua volta innescato eventualmente da processi di assimilazione carbonatica (Conte *et alii*, 2009).

5. - GEOCRONOLOGIA ED EVOLUZIONE DEL VULCANISMO

(a cura di D. Dolfi, D. M. Palladino, R. Trigila, I. M. Villa)

5.1. - Geocronologia: Metodologie e Problemi

Le prime datazioni effettuate sui prodotti vulcanici della Valle Latina risalgono agli ultimi decenni del secolo scorso (Basilone & Civetta, 1975; Civetta *et alii*, 1979; Fornaseri, 1985) con lo scopo essenziale di inquadrare l'età del vulcanismo fra quelle degli altri distretti dell'Italia centrale. Poiché la metodologia allora utilizzata era quella K/Ar, le date ottenute riguardavano prodotti con alto contenuto in K_2O e quindi la cronologia di gran parte delle successioni eruttive costituite da termini di altre tipologie magmatiche non correlabili a quelli datati, mancava di punti certi di riferimento. Più recentemente sono state effettuate misure con il metodo $^{39}Ar/^{40}Ar$ (Boari *et alii*, 2009) che, estendendosi anche a campioni ad affinità shoshonitica e calcoalcalina (Frezzotti *et alii*, 2007; Boari *et alii*, 2009), puntualizzano la sequenza di emissione dei

PROGETTO CARG

prodotti appartenenti alle differenti tipologie magmatiche (Boari *et alii*, 2009). I dati finora disponibili posizionano l'attività vulcanica sviluppatasi nella Media Valle Latina in un periodo di tempo compreso tra 0,7 e 0,2 Ma; su questa base, la sequenza temporale vede le emissioni più antiche caratterizzate dai chimismi delle serie alte in potassio, seguiti dai chimismi di tipo shoshonitico e calcoalcalino, questi ultimi emessi pressoché contemporaneamente. Nessuna delle precedenti indagini geocronologiche, comunque, è stata accompagnata da nuovi rilevamenti che chiariscano i rapporti giaciturali fra unità eruttive dello stesso centro ma di presunte serie magmatiche diverse. Poiché, come già premesso, il vulcanismo della Valle Latina è caratterizzato da una molteplicità di piccoli centri eruttivi, spesso isolati e non correlabili in senso stratigrafico, abbiamo cercato di colmare con ulteriori datazioni $^{39}Ar/^{40}Ar$ le lacune relative alla ricostruzione della storia vulcanica nell'area in studio.

In questa sede, pertanto, sono stati presi in considerazione i prodotti delle unità di Mola a Vento, Colle Trinfe Derimbo, Colle Selva Piana e Colle Capirolo, la cui età è stata appunto investigata con il metodo $^{39}Ar/^{40}Ar$ presso il Laboratorio di Geocronologia Isotopica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Berna (CH).

I prodotti scoriacei dell'unità di Mola a Vento (Vulcano di Pofi; campione FT028, Tabella 1) che sono stati datati presentano composizione fonotefritica. Per essi la scarsa cristallizzazione intratellurica, caratterizzata da prevalente clinopirosseno e rara leucite, peraltro di seconda generazione, ha reso necessario l'arricchimento della componente feldspatoidica tramite separazione magnetica e con liquidi pesanti. La frazione così arricchita (K=8.7%; Ca=0.7%; Cl≈ 0) mette comunque in evidenza una eterogeneità mineralogica che si traduce in una mancanza di colinearità nella costruzione dell'isocrona, anche a causa della probabile presenza di fasi di alterazione secondaria (Villa, 2001). La stima più affidabile di età è pertanto quella fornita dalla fase più potassica, estratta a 643°C e corrispondente a 231 ±19 ka.

Si è cercato quindi di datare la colata lavica basaltica ad affinità calcoalcalina del centro isolato di Colle Trinfe Derimbo (FT010, Tabella 1). L'assenza di fasi potassiche fra i fenocristalli della lava ha reso necessario utilizzare per la datazione la frazione della pasta di fondo arricchita in componente feldspatica tramite separatore magnetico e liquidi pesanti. Ciò malgrado, quest'ultima si è dimostrata veramente povera in K (0.25%) a fronte di un alto contenuto di Ca (8.5%) e di Cl (22 ppm). Tali valori rendevano il campione predestinato alla bassa precisione. L'età stimata (1,64±1,49 Ma) risulta chiaramente inattendibile.

Il campione lavico TV001 (Tabella 1), proveniente dal centro di Colle Selva Piana, è anch'esso un basalto calcoalcalino, e pertanto presenta gli stessi problemi del precedente. Anche in questo caso la datazione è stata effettuata utilizzando la pasta di fondo. Anche se la precisione dei dati è leggermente migliorata in

PROGETTO CARG

relazione al più elevato contenuto in K (K=0.41%), e al più ridotto contenuto di Ca e Cl (Ca=4%,Cl=9ppm), la dispersione dei dati, funzione anche della presenza di fasi di alterazione, rende poco attendibile l'isocrona delineata. La frazione più affidabile, pertanto, è quella corrispondente all'estrazione con la segnatura chimica più favorevole, che dà un'età di 350±100 ka.

Infine, il campione TV002 (Tabella1) è rappresentato da una lava pressoché afirica appartenente all'unità di Colle Capirolo, a composizione K-trachibasaltica. La datazione effettuata su un separato della pasta di fondo (K=1.5%, Ca=6%, Cl=34ppm) mette in evidenza una composizione multifase; come per le altre paste di fondo, il diagramma di correlazione chimica permette di identificare nella frazione a 650°C la più affidabile, con un'età di 263±58 ka.

5.2. - Evoluzione del vulcanismo

Sulla base dei dati geocronologici disponibili (Basilone & Civetta, 1975; Civetta *et alii*, 1979; Fornaseri, 1985; Boari *et alii*, 2009), integrati da quelli del presente lavoro, l'attività vulcanica nel Distretto della Media Valle Latina sembra si sia sviluppata in un periodo di tempo compreso fra circa 0,6 Ma, età dei centri eruttivi di Piglione (633±14 ka, Boari *et alii*, 2009) e Colle Castellone (0,70 Ma, Fornaseri, 1985; 602±4 ka, Boari *et alii*, 2009), ubicati al di fuori dell'area del Foglio 402 "Ceccano", e almeno 0,2 Ma (unità di Mola a Vento, termine più giovane del Vulcano di Pofi, 231±19 ka, presente lavoro; 0,19 Ma, Fornaseri, 1985). L'intervallo temporale dell'attività vulcanica risulta pertanto compreso in quello dei limitrofi distretti alcalino-potassici della Provincia Romana.

Le nuove datazioni radiometriche effettuate nel presente lavoro, pur dettagliando ulteriormente il quadro cronologico ed evolutivo del vulcanismo, non consentono di stabilire con sicurezza le età di inizio e fine dell'attività eruttiva nell'area in studio. Un riferimento cronologico indiretto per le manifestazioni più antiche radicate nell'area del Foglio 402 "Ceccano" (unità inferiori di composizione da basaltica a fonotefritica del Vulcano di Pofi, appartenenti al subsintema LRN_1) viene fornito dall'identificazione nella zona di Pontecorvo, nell'ambito dei depositi lacustri dello stesso subsintema, di livelli di tefra distali correlabili alla fase del vulcanismo dei Colli Albani di età 0,56-0,53 Ma (cfr. VII.1.1.3).

Risulta comunque evidente come a partire da circa 0,4 Ma si sia verificato un acme nell'attività vulcanica dell'area del Foglio 402 "Ceccano", e più in generale dell'intero distretto, con una concentrazione di manifestazioni sia effusive che esplosive o miste nell'area del Vulcano di Pofi (es. lave fonotefritiche di Fosso Meringo, 0,39±0,02-0,40±0,01 Ma, Basilone & Civetta, 1975) e nei centri eruttivi a SE di Ceccano (es. lave basaltiche di Colle Selva Piana, 357±13 ka, Boari *et alii*, 2009; 350±100 ka, presente lavoro); dicco basaltico di Colle Spinazzeta,

PROGETTO CARG

345±9 ka, Boari *et alii*, 2009), grosso modo contemporanee a quelle di altri centri ubicati al di fuori del Foglio (lave di Celleta e Tecchiena, 410±7 e 412±11 ka; Giuliano di Roma, 387±9 ka; dicco di Valcatora, 379±10 ka; Boari *et alii*, 2009). Emerge inoltre come il distretto abbia mantenuto nel tempo un'attività a carattere areale, che ha interessato pressoché contemporaneamente diversi settori. Ad esempio, l'attività principale del Vulcano di Pofi (piroclastiti fonotefritiche dell'unità di Pofi, 298±43 ka, Boari *et alii*, 2009) risulta all'incirca coeva con quella di centri ubicati ancora nell'area di Ceccano (lava trachibasaltica dell'unità di Colle Capirolo, 263±58 ka, presente lavoro; Colle Sant'Arcangelo, 260±4 ka, Boari *et alii*, 2009, poco fuori del Foglio).

Come già accennato, alla luce dei dati disponibili, sembra che l'area di Pofi sia stata sede dell'attività eruttiva più recente (rappresentata dalle scorie fonotefritiche dell'unità di Mola a Vento, 231±19 ka, presente lavoro) nell'ambito del Foglio nonché, a tutt'oggi, dell'intero Distretto della Media Valle Latina.

Si può quindi notare dal quadro ora esposto come i chimismi eruttati, considerati parte di serie evolutive diverse, risultino fra loro associati nel tempo e nello spazio sia alla scala del distretto vulcanico che a quella del singolo centro eruttivo.

Diversamente da quanto avvenuto durante le principali fasi di attività dei limitrofi distretti alcalino-potassici dei Colli Albani (fasi del Tuscolano Artemisio e delle Faete) e di Roccamonfina, il vulcanismo nella Media Valle Latina non ha originato un grande edificio centrale, bensì ha assunto un carattere areale, dando luogo a numerosi apparati di modeste dimensioni, per lo più monogenici ed isolati o in qualche caso coalescenti (es. Vulcano di Pofi).

A tal riguardo, si ritiene che l'assetto tettonico del substrato abbia giocato un ruolo chiave, oltre che nello sviluppo del magmatismo stesso, nella distribuzione dei centri eruttivi e nello stile delle eruzioni. La rapida risalita di piccoli volumi di magmi relativamente poco evoluti e la loro eruzione mediante eventi limitati nello spazio e nel tempo suggerisce infatti un controllo da parte delle stesse faglie profonde a componente distensiva che hanno operato lo smembramento della piattaforma carbonatica meso-cenozoica. Inoltre l'assetto idrogeologico delle rocce incassanti, ed in particolare l'associazione di volumi rocciosi con grado di permeabilità ampiamente variabile (substrato carbonatico e pelitico-arenaceo, livelli di vulcaniti), con la locale presenza di acquiferi chiusi o sospesi, ha favorito l'interazione esplosiva di modesti volumi di magma con gli acquiferi. La tipologia degli inclusi litici nelle vulcaniti idromagmatiche testimonia appunto la profondità degli acquiferi ed acquiclude coinvolti nel processo eruttivo.

Pertanto le caratteristiche vulcanologiche salienti dell'area in studio sono ricollegabili ad una risalita piuttosto veloce di modeste sacche di magma relativamente primitivo o poco differenziato attraverso faglie distensive profonde e alla loro frequente interazione con l'acqua presente in serbatoi più o meno

PROGETTO CARG

superficiali. La tipica successione di eventi nel corso di singole eruzioni mostra il passaggio da fasi eruttive magmatiche blandamente esplosive, di tipo hawaiiano-stromboliano, eventualmente associate ad attività effusiva, a fasi eruttive a carattere idromagmatico, contraddistinte da un maggior grado di esplosività e di frammentazione del magma.

Questa transizione di stile eruttivo (eventualmente ritmica) si riscontra spesso in centri monogenici (o più raramente poligenici) satelliti di più grandi edifici vulcanici centrali o in zone di vulcanismo areale (come ad esempio nei distretti dei Vulsini, Sabatini e Colli Albani) e viene attribuita alla diminuzione del tasso eruttivo concomitante ad una diminuzione della pressione magmatica in relazione a quella dell'acquifero, essendo inoltre favorita dalla bassa viscosità e scarsa vescicolazione del fuso magmatico. Nelle fasi iniziali delle eruzioni, il tasso di emissione relativamente elevato fa sì che i magmi arrivino in superficie velocemente senza interagire efficacemente con le falde attraversate (fasi magmatiche). Con la progressiva diminuzione della pressione magmatica nel condotto al procedere dell'eruzione si renderebbero possibili le condizioni per la frammentazione idromagmatica.

Tali eventi presentano dunque tipicamente caratteri misti per grado di esplosività, meccanismi di eruzione e di messa in posto. Conseguentemente i relativi depositi mostrano una transizione da (od un'alternanza ritmica di) orizzonti di lapilli e blocchi scoriacei moderatamente vescicolati, clasto-sostenuti, ben classati, più o meno saldati - prodotti dalla vescicolazione e frammentazione magmatica e depostisi per caduta durante fasi hawaiiane o stromboliane - a livelli a granulometria più fine (in prevalenza cineriti più o meno grossolane e coerenti), spesso stratificati e laminati, con componente juvenile scarsamente vescicolata e talora lapilli accrezionari, che evidenziano una deposizione da *surge* piroclastici idromagmatici. Sulla base del tipo e dell'abbondanza degli inclusi litici presenti nei livelli idromagmatici, si può ritenere che nei casi in studio l'interazione magma-acqua sia generalmente avvenuta a livello delle formazioni sedimentarie più superficiali (*flysch* miocenici o più raramente formazioni carbonatiche meso-cenozoiche).

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

IX - ASSETTO STRUTTURALE

1. - INTRODUZIONE

(D. Rossi , E. Centamore & P. Di Manna)

L'area compresa nel Foglio 402 "Ceccano" fa parte della catena centro-appenninica, impostatasi durante la fase di strutturazione neogenica come un complesso edificio a pieghe e sovrascorrimenti (tav. 1).

Al suo interno sono state distinte, in base ai principali fronti di accavallamento, al diverso stile deformativo, alle successioni affioranti e ai domini paleogeografici di appartenenza, due unità tettoniche principali, a loro volta organizzate in scaglie minori, che da SW verso NE sono: Unità della Catena dei Volsci e l'Unità Simbruino-Ernica (tav. 1).

Tali unità sono separate tra loro da un elemento tettonico di importanza regionale, il Sovrascorrimento dei Volsci. Nella Dorsale Lepina esso sovrappone i termini carbonatici mesozoici, affioranti a SW di tale elemento strutturale e appartenenti all'Unità della Catena dei Volsci, ai termini del settore lepino nordorientale, appartenente alla Unità Simbruino-Ernica (Centamore & Rossi, 2006, *cum biblio*). Più a sud il sovrascorrimento in questione è localizzato al letto del Complesso di Falvaterra, appartenente all'Unità della Catena dei Volsci e sovrappone tale unità alle formazioni mioceniche della Valle Latina, la quale costituisce la parte più interna dell'Unità Simbruino-Ernica. Entrambe le unità

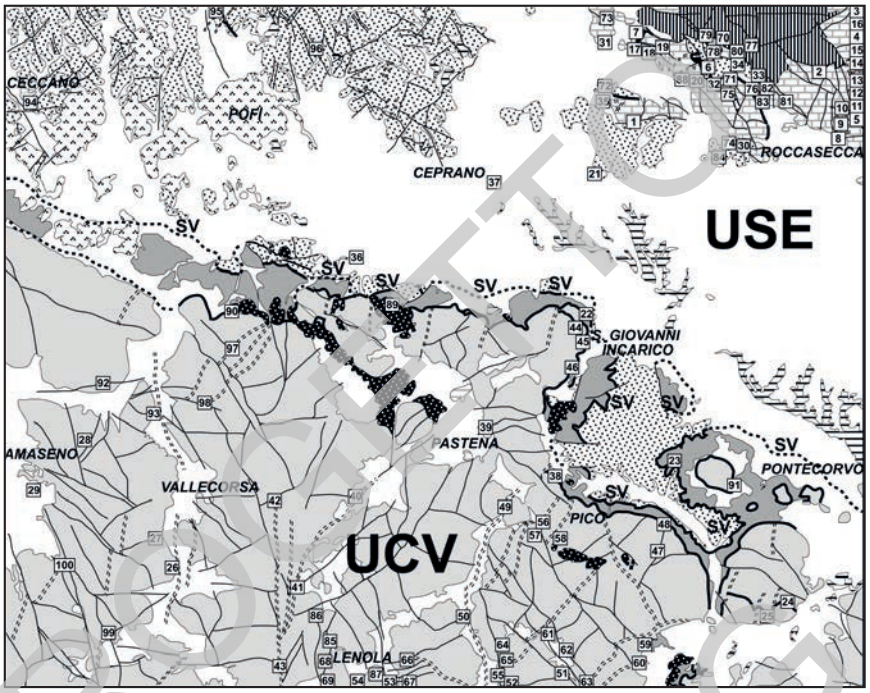


Fig. 17 - *Schema strutturale del Foglio 402 "Ceccano" con indicate le stazioni di misura strutturale.* UCV) Unità della Catena dei Volsci; USE) Unità Simbruino-Ernica; SV) sovrascorrimento dei Volsci. Per i graficismi si fa riferimento allo schema tettonico del Foglio Geologico.

sono suddivise a loro volta in una serie di unità minori, da sovrascorrimenti e retroscorrimenti.

L'evoluzione geologica dell'area in esame risulta notevolmente condizionata dagli effetti di una tettonica polifasica, che ha controllato la continua articolazione della paleogeografia, dal *rifting* mesogeo, al coinvolgimento dei vari settori nel dominio di avanfossa prima e di catena poi. Nonostante la notevole tettonizzazione che ha obliterato in gran parte le strutture preesistenti, gli effetti della tettonica *pre-thrusting* sono evidenziati dalle discordanze angolari e dagli *onlap* dei depositi di margine e di scarpata, che si osservano nell'Unità Simbruino-Ernica sia nella Valle del Fiume Melfa che nei Lepini nord-orientali, dalla presenza di crostoni ferruginosi su diversi termini della successione cretacica dell'Unità della Catena dei Volsci, che mettono in luce una notevole attività tettonica sinsedimentaria che si è protratta sino alle fasi del coinvolgimento in avanfossa. Ma gli effetti della tettonica sinsedimentaria sono più evidenti quando si osserva la flessurazione della porzione meridionale della Catena dei Volsci durante l'Oligocene superiore-Miocene inferiore *p.p.*

PROGETTO CARG

La tettonica *pre-thrusting*, documentata da numerosi Autori in diversi settori dell'Appennino (Calamita *et alii,* 1998, Rossi, 2002), ha svolto un ruolo importante; essa rappresenta sicuramente un vincolo stratigrafico-strutturale non trascurabile nell'interpretazione dei processi tettonici, sedimentologici e deposizionali, che hanno portato allo sviluppo dell'Appennino.

Le due unità tettoniche principali sono state coinvolte nella strutturazione della catena in un intervallo temporale che va dal Tortoniano superiore per l'Unità della Catena dei Volsci, al Messiniano inferiore per l'unità più esterna, con numerose riattivazioni fuori sequenza fino alla fine del Pliocene inferiore, poiché appaiono coinvolti nella compressione anche i depositi del Pliocene inferiore. Nella fase tardiva della compressione l'intera area e' stata caratterizzata dallo sviluppo di una fase trascorrente prevalentemente di tipo traspressivo destro, con lo sviluppo di importanti lineamenti tettonici a direzione N-S (Rossi, 2002; Rossi *et alii*, 2003). Associati a questi lineamenti principali sono presenti inoltre elementi trasversali a direzione E-W con caratteri cinematici di tipo traspressivo sinistro. La fase trascorrente e' responsabile degli effetti di distorsione registrati lungo le principali strutture carbonatiche, ed ha prodotto una notevole disarticolazione delle stesse strutture compressive che risultano dislocate orizzontalmente con rigetti che raggiungono il chilometro.

L'intero edificio strutturale è poi complicato da sistemi di faglie trascorrenti e faglie estensionali, a direzione appenninica ed antiappenninica, che nel complesso disarticolano il già complicato assetto strutturale.

L'assetto strutturale dell'area appare ulteriormente dislocato infine dalla tettonica distensiva post-orogenica (Demangeot, 1965) che ha agito contemporaneamente al sollevamento generalizzato dell'Appennino centrale (Dramis, 1993), iniziato già nel Pliocene medio-superiore e intensificatosi nel Pleistocene inferiore.

La distensione ha agito tramite faglie di neoformazione e la riattivazione di strutture preesistenti, con l'articolazione dell'area in blocchi a movimenti verticali differenziati e la conseguente formazione di conche e depressioni colmate dai depositi continentali plio-quaternari (Conca di Santopadre, Depressione della Valle Latina, in cui si è formato il Lago Lirino, Conca di Amaseno, Conca di Pastena e Conca di Sant'Oliva).

2. - STRUTTURE COMPRESSIVE

(D. Rossi)

Le due unità distinte nell'area del Foglio 402 " Ceccano", individuatesi nella fase compressiva neogenica, sono caratterizzate, oltre che dai principali sovrascorrimenti che li delimitano al loro fronte, dalla presenza di sovrascorrimenti e retroscorrimenti minori, di pieghe e di zone di taglio visibili alla mesoscala.

PROGETTO CARG

I sovrascorrimenti presentano direzioni appenniniche cui si associano ampie anticlinali a direzione appenninica, articolate in una serie di monoclinali fagliate, dove si individuano strutture minori, a vergenza normale o retrovergenti. Per quanto riguarda i piani di sovrascorrimento, questi presentano mediamente angoli di inclinazione relativamente bassi tra i 10º ed i 30º, con geometrie di tipo *flat-ramp-flat* e zone di deformazione che variano dai 20 metri ai 100 metri di spessore.

2.1. - Unità della Catena dei Volsci

Il principale elemento compressivo di tale unità è costituito dal Sovrascorrimento dei Volsci, che nel Foglio 402 "Ceccano" è localizzato al contatto tra il lembo inferiore del Complesso di Falvaterra e le formazioni mioceniche della Valle Latina. Questo contatto è spesso obliterato dalle coperture recenti. Lungo tutto il settore in questione le superfici di contatto tra le strutture carbonatiche meso-cenozoiche ausono-aurunche, il Complesso di Falvaterra e le sottostanti formazioni arenacee sono sono spesso obliterate dalle coperture quaternarie, ma nel complesso presentano una continuita' pressoche' ininterrotta. Solamente gli elementi trasversali a direzione N-S e NNE-SSW determinano l'interruzione dei principali piani di sovrascorrimento, rigettando orizzontalmente le strutture compressive sia in senso destro sia sinistro.

Un secondo sovrascorrimento, pressoché parallelo al primo, sovrappone i termini carbonatici dell'unità in esame allo stesso Complesso di Falvaterra.

Questo elemento tettonico è caratterizzato da un piano di sovrascorrimento a basso angolo al fronte di una macroanticlinale (anticlinale di rampa) inclinato di 5°-10° verso SW. Il piano del *thrust* presenta indicatori cinematici con direzione media di trasporto tettonico orientata N30°-40°, caratterizzati prevalentemente da strie, docce e rari gradini di calcite. Solamente nei pressi della struttura di M.te Mandrone (settore sudorientale del Foglio), sono state osservate zone di taglio fragile/duttile con diffuse tettoniti S/C.

Al sovrascorrimento in questione sono associate alcune faglie trasversali a direzione N20°-40°, con caratteri cinematici trascorrenti (sia destri sia sinistri), interpretate come faglie di strappo *(tear faults)* che dislocano il sovrascorrimento in questione, conferendo ad esso un andamento piuttosto articolato da SE a NW. Molte di queste *tear faults* sono poi state successivamente dislocate a loro volta durante le successive fasi trascorrente ed estensionale.

Dal punto di vista strutturale l'Unita' della Catena dei Volsci presenta una organizzazione geometrica piuttosto articolata, in cui sono state individuate tre subunità: Scaglia di Itri (più interna e superiore), le Scaglie intermedie e la Scaglia di Pico, più esterna (Rossi *et alii*, 2001; Rossi, 2002). Nel foglio è presente solamente la subunità inferiore, la Scaglia di Pico. Il suo fronte e'

PROGETTO CARG

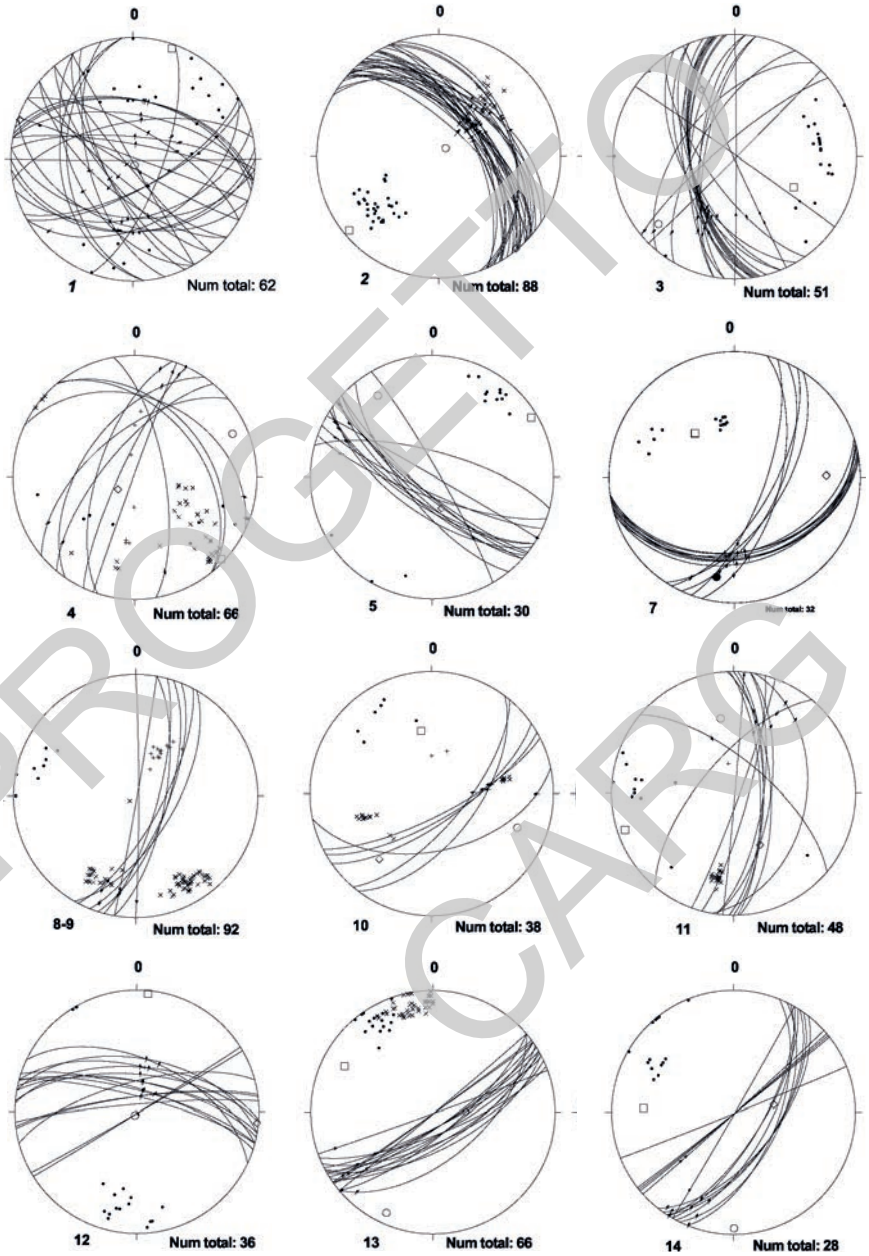
caratterizzato da una macroanticlinale (anticlinale di rampa) a vergenza orientale e direzione assiale media pari a N140°, il cui fianco settentrionale spesso tende a verticalizzarsi. Sulla base dei parametri giaciturali delle formazioni deformate e dall'analisi degli angoli di *cut-off* misurati l'unità può essere definita come una piega anticlinalica da *fold-bend folding*, sviluppatasi al disopra di un piano di sovrascorrimento che assume traiettorie *flat-ramp-flat*.

Nel settore più interno di questa unità tettonica sono presenti numerose pieghe disposte *en-echelon*, che spesso presentano estensioni chilometriche, come quelle osservabili tra M.te Crispi e Lenola (settore centro meridionale del Foglio). Queste pieghe, che sono state classificate come pieghe da detachment (Rossi *et alii*, 2001; Rossi, 2002), si sono sviluppate solamente nei termini più alti della successione carbonatica affiorante (Cretacico medio-superiore), mentre verso il basso esse si raccordano ai termini del Cretacico inferiore indeformati mediante piani di scollamento enucleatisi nei livelli dolomitici della successione del Cretacico. Fenomeni analoghi sono stati osservati ad Est di Amaseno nei pressi di M.te La Cima, sul versante orientale di Costa della Taverna (NW di Pico), e nei pressi di M.te Vele, M.te Crispi e Lenola (fuori dell'area rilevata). La loro genesi e posizione stratigrafica può essere interpretata come il prodotto delle spinte esercitate dalle strutture tettoniche più interne sui termini più alti della successione, che si sono prima scollati e poi piegati. Alcune di queste pieghe sono state poi successivamente deformate durante la successiva fase trascorrente, come evidenziato dalle progressive distorsioni degli assi delle pieghe da NW-SE a N-S in prossimita' dei principali lineamenti trascorrenti.

Le osservazioni condotte alla scala dell'affioramento, lungo tutto il fronte di accavallamento principale, hanno evidenziato la presenza di faglie normali "*pre-thrusting*", riutilizzate in regime compressivo. Specialmente nei pressi di S. Giovanni Incarico (settore centrale del Foglio) (tav. 3), al letto di uno dei piani di sovrascorrimento associati al piano principale sono presenti piani di faglia con caratteri cinematici di tipo estensionale, deformati per trascinamento e tagliati verso l'alto dal piano di sovrascorrimento stesso. Al *footwall* di questo piano di faglia sono presenti numerose mesopieghe retrovergenti che si sono sviluppate a ridosso del piano di faglia stesso, contemporaneamente al sovrascorrimento, contro il quale terminano. Sulla base di queste caratteristiche è stato possibile interpretare questo processo di deformazione come prodotto da "*buttressing*" (*sensu* Welborn, 1988; Butler, 1987, 1989), ossia lo sviluppo di pieghe a ridosso di una faglia normale preesistente, come conseguenza di una inversione del regime tettonico, da estensionale a compressivo.

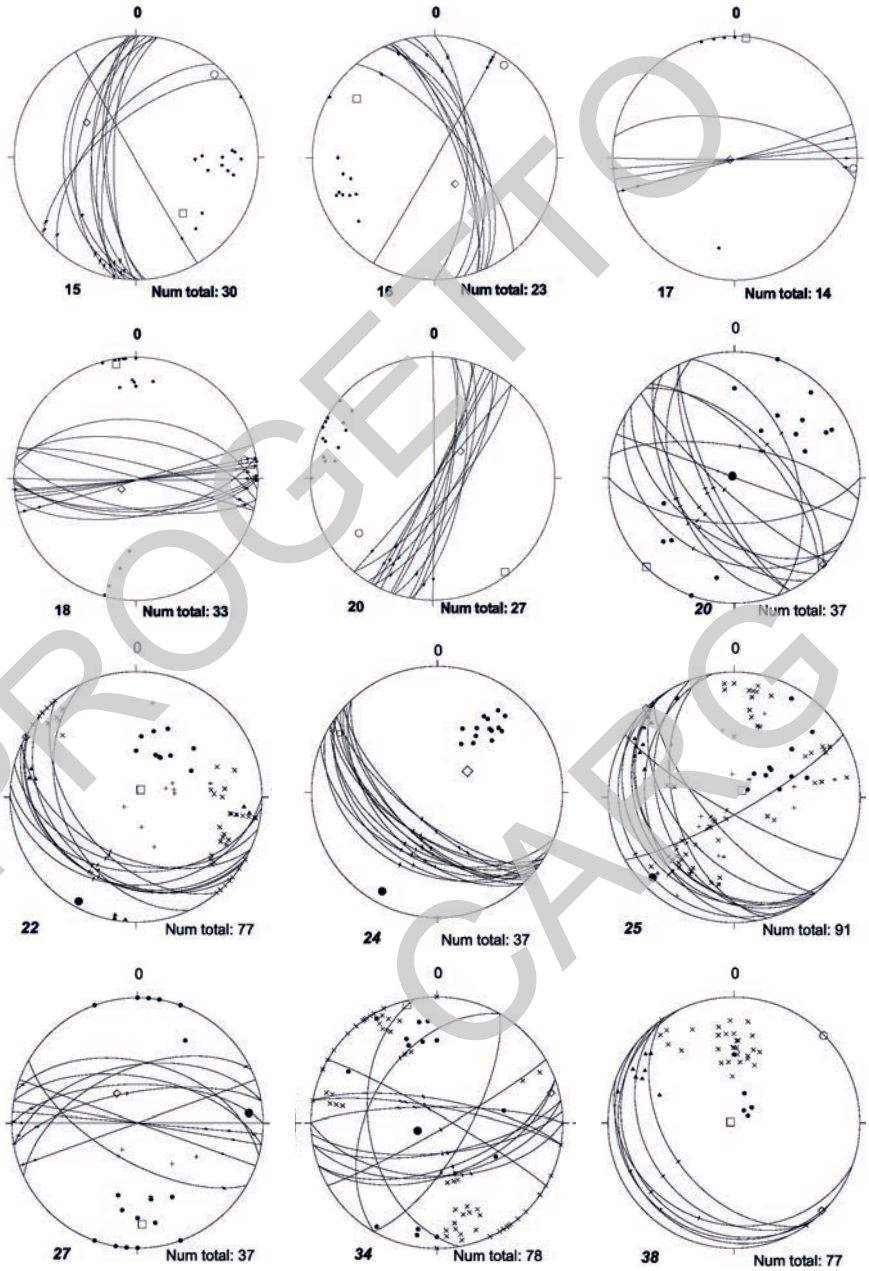
L'Unita'della Catena dei Volsci, che a scala regionale può essere ricondotta ad una struttura anticlinalica (*"ramp anticline" sensu* Boyer & Elliott, 1982; Suppe, 1983), presenta numerosi piani di accavallamento minori che determinano locali sovrapposizioni sia tra formazioni diverse sia intraformazionali, con rigetti che

PROGETTO CARG



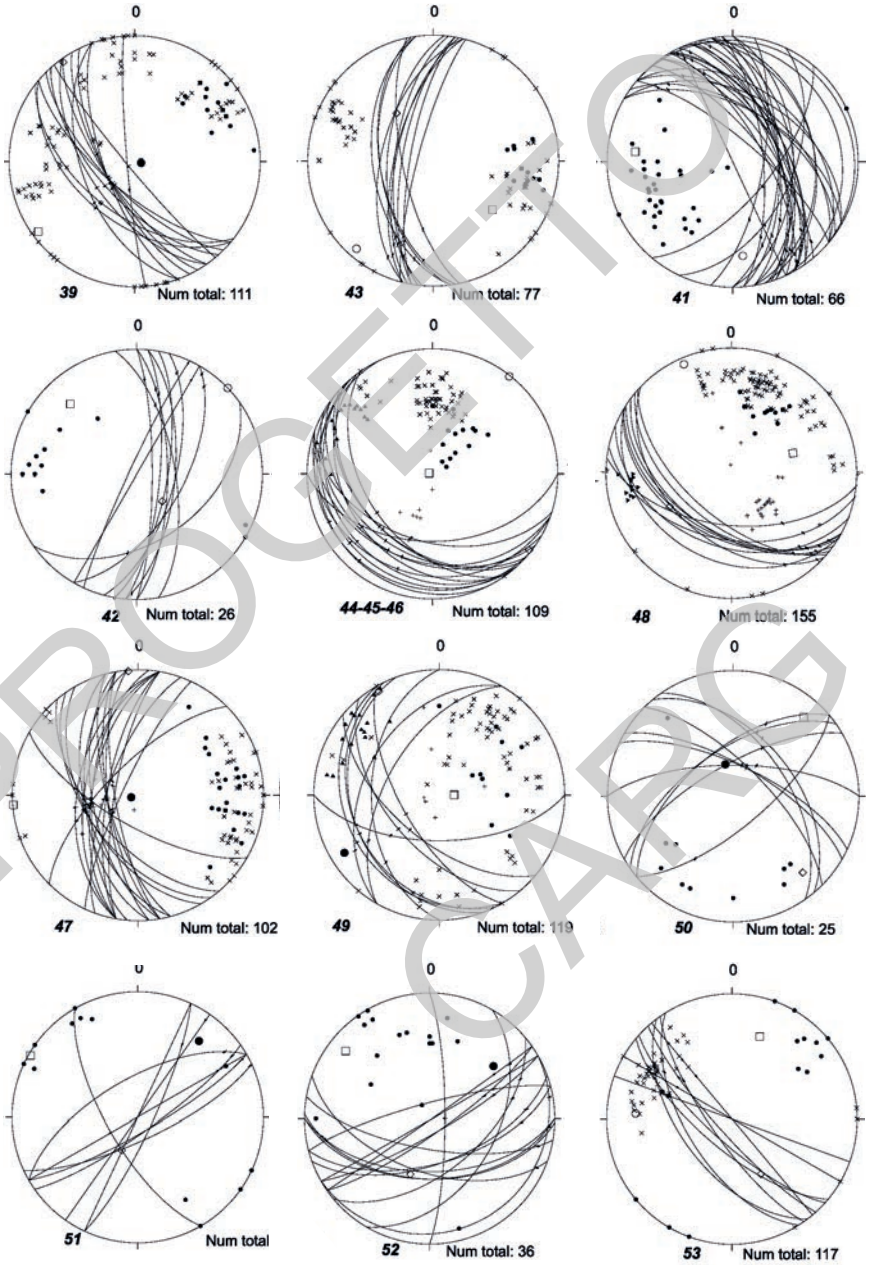
Tav. 3 - *Proiezioni stereoscopiche diagramma di Schmidt (emisfero inferiore) dei principali elementi strutturali misurati nel Foglio 402 "Ceccano".*

PROGETTO CARG



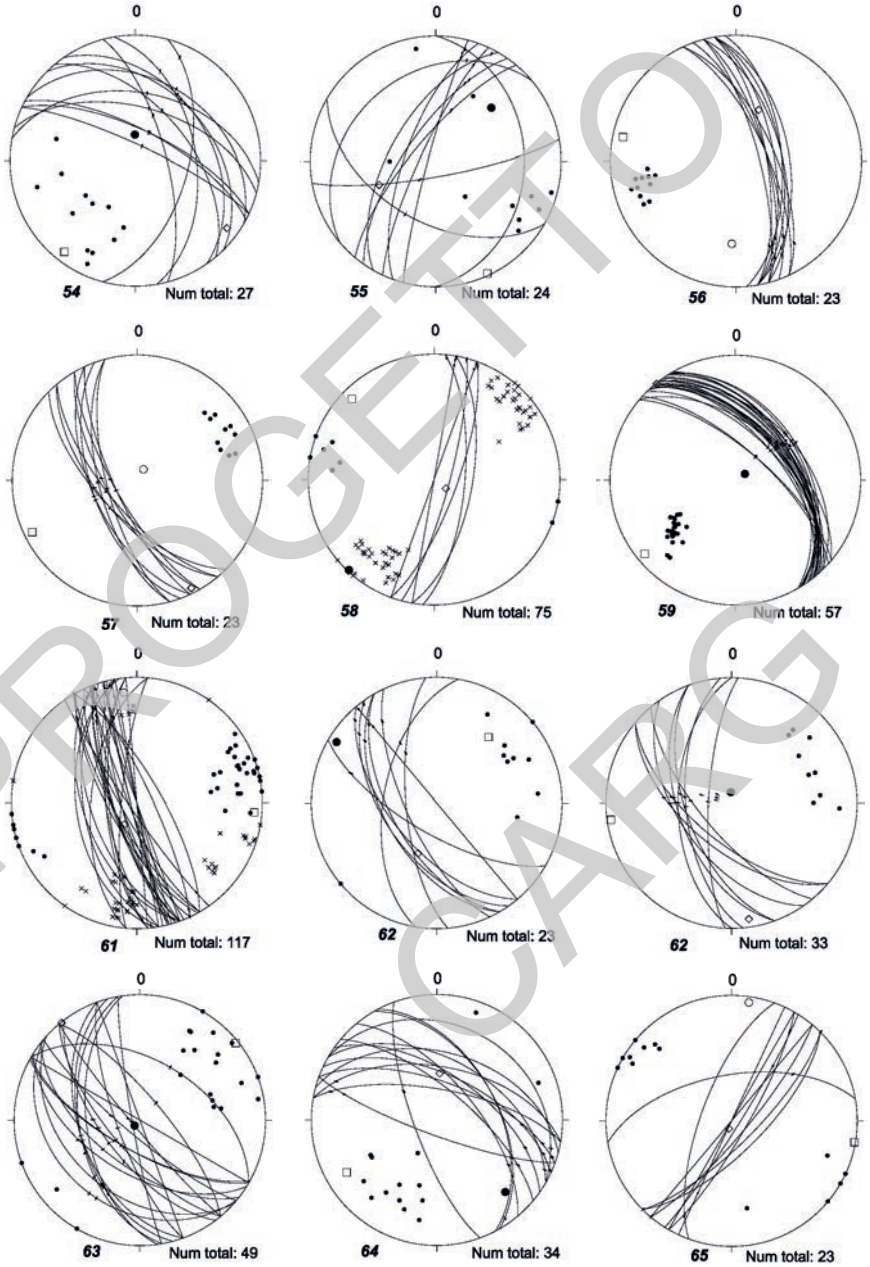
Prosegue Tav. 3.

PROGETTO CARG



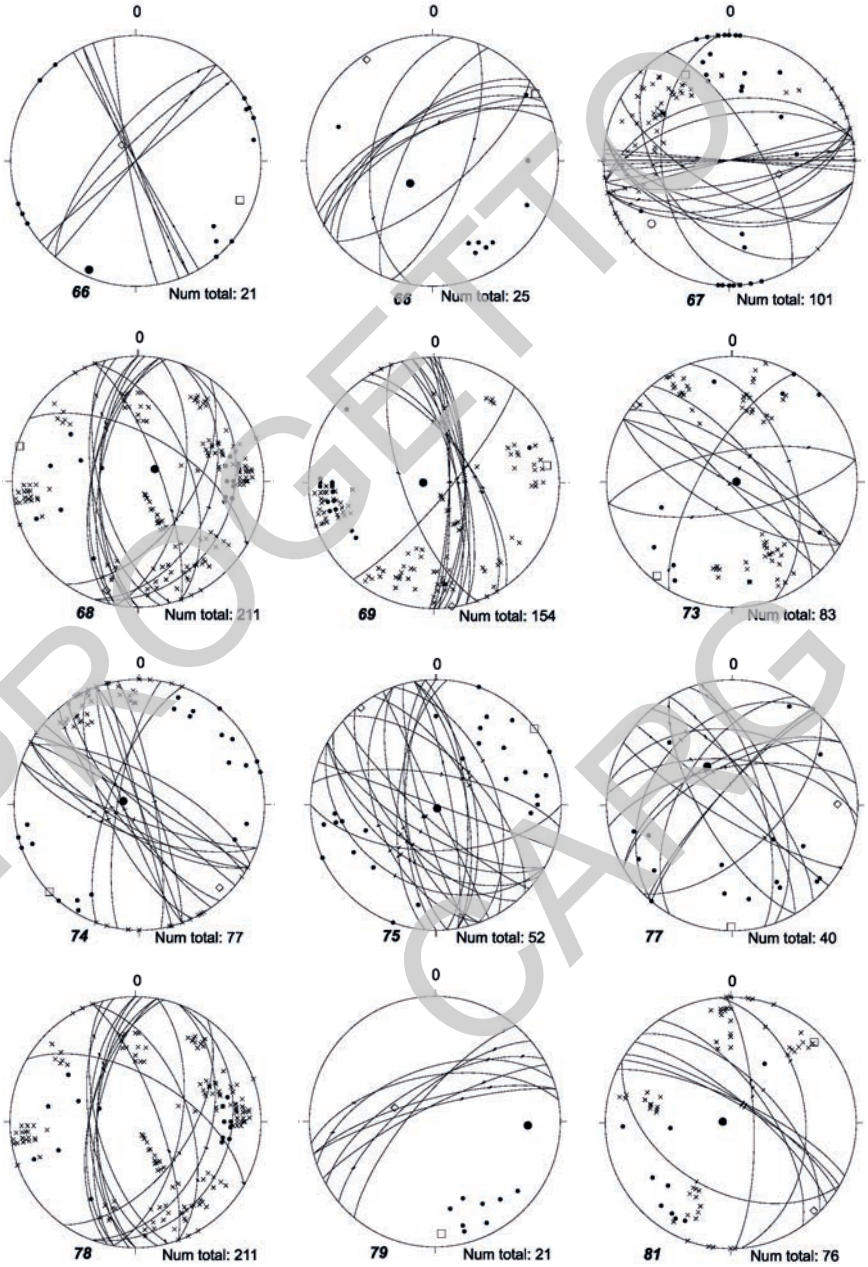
Prosegue Tav. 3.

PROGETTO CARG



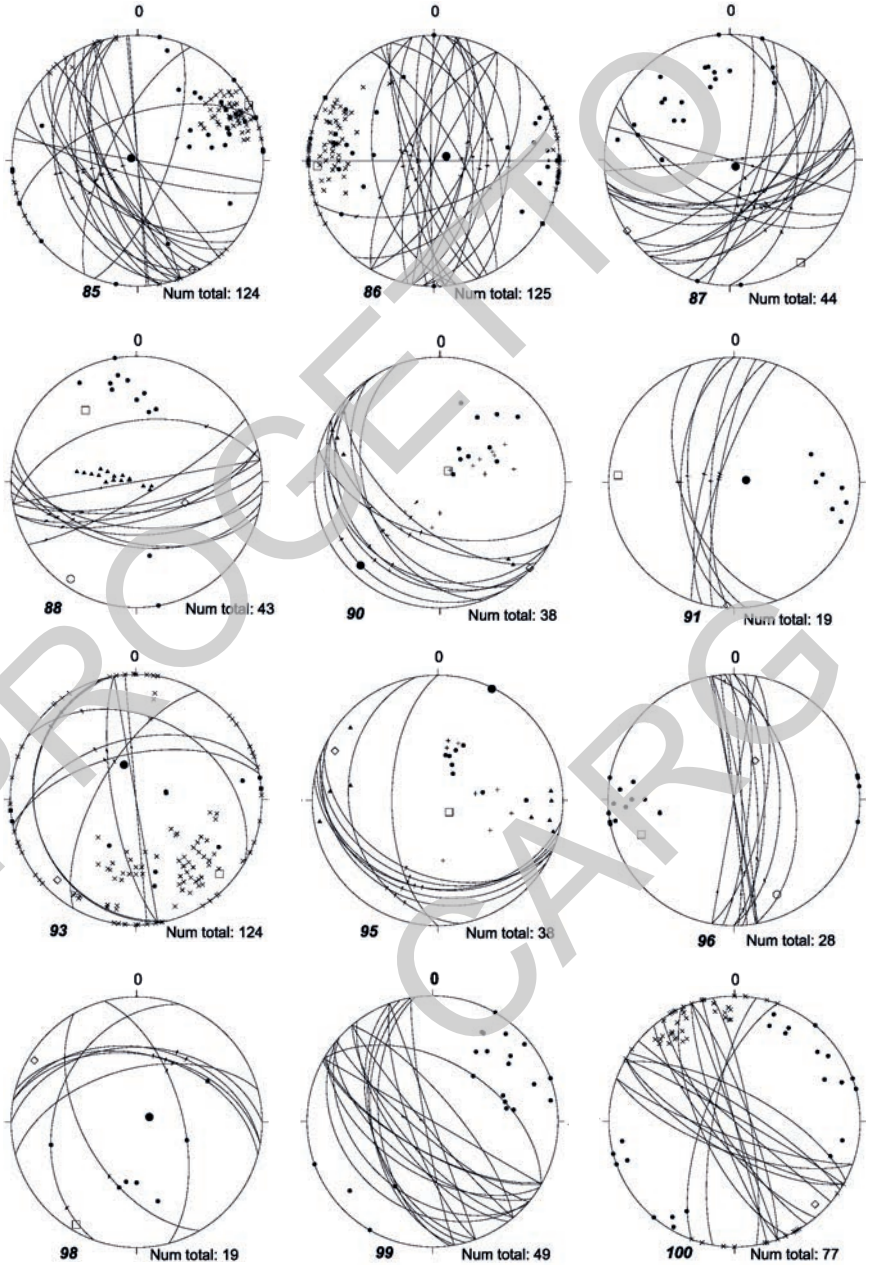
Prosegue Tav. 3.

PROGETTO CARG



Prosegue Tav. 3.

PROGETTO CARG



Prosegue Tav. 3.

PROGETTO CARG

variano dalle decine alle centinaia di metri, all'interno delle stesse formazioni. Da SE verso NW si possono osservare:

1) la struttura di M.te Mandrone rappresenta un *klippen* sovrascorso al disopra del Complesso di Falvaterra mediante un piano si sovrascorrimento sub orizzontale. Il versante meridionale e' invece caratterizzato dalla presenza di un sovrascorrimento minore che determina la sovrapposizione di termini del Giurassico superiore su quelli del Cretacico superiore. Tale sovrascorrimento presenta direzione appenninica e angoli di inclinazione variabili dai 20° ai 50° e caratteri cinematici di tipo *dip-slip* compressivo. Gli indicatori cinematici misurati sono caratterizzati da strie e gradini di calcite.
2) Immediatamente a Nord della struttura di M.te Mandrone e' presente un altro *klippen*, quello di M.te Leucio. Anche in questo caso tale *klippen* è composto da termini del Cretacico medio-superiore sovrascorsi sul Complesso di Falvaterra a sua volta in contatto tettonico sui termini silicoclastici della formazione di Frosinone, ben visibili lungo tutto il margine sud-occidentale e nord-occidentale di tale struttura. Il piano di sovrascorrimento principale affiora con discontinuita' ed è a luoghi obliterato da coperture detritiche. La sua continuita' laterale e' però facilmente ricostruibile grazie alle numerose zone di contatto tra il sovrastante Complesso di Falvaterra e le sottostanti arenarie.
3) Spostandoci verso NW la sovrapposizione dell'Unita'della Catena dei Volsci sui termini appartenenti all'Unita' Simbruino-Ernica diventa progressivamente meglio visibile, specialmente lungo il settore compreso tra il centro abitato di Pico e quello di S. Giovanni Incarico. Qui il sovrascorrimento dell'Unità carbonatica della Catena dei Volsci sul Complesso di Falvaterra risulta organizzato in una serie di piani sub-orizzontali a direzione appenninica, ai quali sono associate strutture minori, come quelle osservabili sul versante orientale di Costa della Taverna, dove si osserva una serie di *splays* che delimitano piccole scaglie tettoniche. Le strutture riconosciute in questo settore risultano tra l'altro intensamente piegate, come dimostrato dalla presenza di macro sinclinali ed anticlinali, tutte con direzione assiale appenninica. Gli indicatori cinematici misurati lungo i piani di sovrascorrimento, mostrano una direzione di trasporto tettonico pari a N30° -40°, direzioni compatibili con il trasporto tettonico regionale. Tra S. Giovanni Incarico e Castro dei Volsci localmente il piano di sovrascorrimento a letto dei calcari cretacici affiora con continuita', interrotto solamente da elementi trasversali (*tear faults*). Tale piano risulta organizzato in una serie di *splays* minori, come nei pressi di Falvaterra, dove sono associati piani minori. Alla macroscala tutte le strutture plicative analizzate sono compatibili con un regime compressivo che ha

PROGETTO CARG

agito simultaneamente, producendo un raccorciamento orientato SW-NE e strutture anticlinaliche e sinclinaliche con assi orientati NW-SE come ben visibile nei diagrammi di tav. 3. Per quanto riguarda le mesopieghe e le pieghe da detachment anche queste strutture presentano orientazioni preferenziali compatibili con i motivi plicativi osservati (N120º) lungo tutta la Dorsale dei Volsci e producono un ulteriore raccorciamento all'interno delle successioni cretaciche.

2.2. - Unità Simbruino-Ernica

Nell'Unità Simbruino- Ernica affiorante nel Foglio 402 "Ceccano" possono essere distinti tre settori, caratterizzati da stili strutturali diversi. Nel settore più interno della Valle Latina, immediatamente al letto del Sovrascorrimento dei Volsci, si individua un sistema di scaglie tettoniche, tipo *leading embricate fan*, rappresentate dalle strutture carbonatiche di Ceccano e di Colle della Pece, al nucleo di anticlinali di rampa.

Nel settore centrale affiorano, oltre ai depositi continentali, principalmente i depositi torbiditici della formazione di Frosinone; esso è caratterizzato da una serie di strette pieghe rovesciate ad andamento appenninico, al fronte di sovrascorrimenti minori; queste strutture sono in gran parte dislocate da tear faults.

Nel settore settentrionale del Foglio affiorano invece termini carbonatici meso-cenozoici riferibili alla parte più esterna dell'Unità Simbruino-Ernica. Specialmente nei pressi del centro abitato di Rocca D'Arce e sul versante orientale di M.te le Reti (settore nord-orientale del Foglio) sono presenti numerosi piani di sovrascorrimento, che dislocano al suo interno l'Unità in esame. Da un punto di vista geometrico i principali piani di accavallamento presentano angoli di inclinazione molto bassi, compresi tra i 10° ed i 30°, immergenti verso SW. I caratteri cinematici, quando presenti, mostrano una direzione di trasporto tettonico compreso tra N25° e N40°. La continuità laterale dei piani di sovrascorrimento affioranti in questo settore settentrionale del Foglio è interrotta, come per l'unità superiore, da elementi trasversali interpretati come *tear faults*; queste presentano caratteri cinematici da puramente trascorrenti a traspressivi sia destri, sia sinistri. Sempre nel settore nord-orientale del Foglio sono stati osservati diversi piani di accavallamento retrovergenti, specialmente sul versante nord-orientale di Monte le Reti, dove affiorano piani di accavallamento immergenti verso NE, con angoli di inclinazione compresi tra i 45° ed i 75°.

Da NW verso SE si possono osservare: la struttura Arce/Rocca d'Arce caratterizzata dalla sovrapposizione dei termini del Cretacico medio-superiore sui temini miocenici. Tale sovrapposizione e' facilmente visibile lungo tutto il margine settentrionale, dove il piano di sovrascorrimento risulta organizzato in

PROGETTO CARG

uan serie di *splays* a basso angolo, che delimitano piccole scaglie tettoniche. Specialmente in questo settore la presenza di *tear faults* ha particolarmente disarticolato la continuita' dei piani di sovrascorrimento principali che risultano rigettati orizzontalmente sia verso sud sia verso nord. Le faglie di strappo misurate in questo settore presentano direzioni medie pari a N40º-N60º sia destre sia sinistre. Gli indicatori cinematici sono rappresentati prevalentemente da gradini di calcite, strie e rare docce. Anche l'analisi della fratturazione associata ha mostrato una compatibilita' di movimento orientata mediamente a N40º. L'Unita' Simbruino- Ernica nel settore in esame risulta organizzata al suo interno in piu' scaglie tettoniche sovrapposte secondo una geometria del tipo *leading imbricate fan*, come mostrato dalla sovrapposizione della scaglia tettonica Arce-Rocca d'Arce sulla scaglia di Fraioli. Quest'ultima e' delimitata alla base dal piano di sovrascorrimento principale attraverso il quale la scaglia tettonica si sovrappone sui termini silicoclastici. Gli indicatori cinematici sono rappresentati prevalentemente da strie e docce e, subordinatamente, da gradini di calcite, tutti indicanti un trasporto tettonico di tipo appenninico.

L'Unita' Simbruino- Ernica e' inoltre caratterizzata dalla presenza di piani di retroscorrimento, "*back thrust*", come quelli presenti sul versante settentrionale di M.te Le Reti. Gli affioramenti mostrano piani ad alto angolo, che sovrappongono le formazioni mioceniche al disopra dei termini piu' alti della successione. La loro genesi e' imputabile a meccanismi di accomodamento che si sono sviluppati durante l'acme della fase compressiva. I rigetti valutabili risultano di piccola entita', ma nel complesso tendono a complicare ulteriormente l' assetto strutturale dell'intera Unita'.

Solamente in prossimita' dei principali lineamenti trasversali trascorrenti e' possibile osservare processi di trascinamento, con deviazioni anche repentine degli assi delle strutture e dei parametri giaciturali. Questi meccanismi hanno prodotto una graduale variazione degli assi delle strutture plicative e lo sviluppo di strutture sovraimposte, specialmente pieghe, con linee di cerniera orientate in senso antiappenninico. Quest'ultime strutture rappresentano il risultato dei processi di trascinamento avvenuti lungo i principali lineamenti trasversali, processi che spesso rendono complesse le ricostruzioni delle strutture plicative interessate da piu' generazioni di processi deformativi sovrapposti.

3. - TETTONICA TRASCORRENTE

(D. Rossi)

L'analisi geologico-strutturale condotta ha evidenziato la presenza di numerosi elementi a movimento orizzontale, diversi dalle *tear faults* che sono associate ai sovrascorrimenti principali. Tali elementi nel loro insieme tagliano l'intero edificio a *thrust* con movimenti prevalentemente destri. Il sistema trascorrente

PROGETTO CARG

è composto da segmenti a direzione NNW-SSE e segmenti a direzione N-S. In associazione sono presenti elementi a direzione SW-NE, WSW-ENE ed E-W trascorrenti sinistri e strutture minori a direzione N-S e NW-SE con diversi caratteri cinematici che in molti casi riattivano le precedenti faglie di strappo. Gli elementi sopra indicati si sono formati probabilmente durante una fase compressiva successiva alla formazione dei *thrusts* principali in quanto, sulla base dei dati acquisiti, i movimenti orizzontali prodotti da tali lineamenti tettonici hanno prodotto una progressiva distorsione delle strutture tettoniche compressive, con valori di massima distorsione osservabili nell'intorno dei piani di faglia.

Le trascorrenti misurate lungo le principali fasce di deformazione sono raggruppabili in almeno due famiglie principali: si tratta di faglie trascorrenti destre da subverticali a mediamente inclinate, rispettivamente ad andamento N150° e N180°. Le strie mostrano una maggiore concentrazione lungo le direzioni N150°, N30°. Numerose faglie esaminate mostrano due famiglie di strie indicative di un primo evento con carattere da puramente trascorrente a traspressivo destro, seguito da un movimento con carattere estensionale puro (*dip-slip*) o trastensivo. Da un punto di vista geometrico il sistema trascorrente può essere suddiviso in più segmenti in relazione alla loro orientazione preferenziale. Partendo dal settore meridionale del Foglio verso quello settentrionale si possono distinguere tra i piu' importanti: il segmento M.^{te} Vele-Lenola (M.^{te} Vele si trova 4 km a sud del Foglio) a direzione NNW-SSE, il segmento M.^{te} Vele-Campodimele-Pastena a direzione media N-S, il segmento Castro dei Volsci-Vallecorsa a direzione N-S, ed il segmento del Fiume Melfa a direzione media N-S (Rossi, 2002) (fig. 17-tav. 3).

Il segmento M.^{te} Vele-Lenola affiora lungo tutti i versanti nordorientali di M.^{te} Vele e M.^{te} Valletonda, si presenta con una orientazione media pari a N150° e caratteri cinematici da trascorrenti a traspressivi destri. La maggior parte dei piani di faglia analizzati mostra angoli di inclinazione da sub-verticali a mediamente inclinati verso NE e indicatori cinematici con *pitch* compreso tra 0° e 30°SE. La distribuzione spaziale dei piani di faglia di questo segmento è riconducibile ad un sistema di faglie anastomizzato. Sulla base dei caratteri geometrici e cinematici l'elemento in questione può essere considerato la prosecuzione verso NW dei sistemi trascorrenti destri Formia-Itri-M.^{Te} Vele (Rossi *et alii*, 2001; Rossi, 2002-fuori carta). Associate a questo lineamento tettonico a direzione appenninica sono frequenti numerose pieghe (specialmente nei pressi di Madonna della Civita, pochi chilometri a sud del Foglio) le cui linee di cerniera, disposte *en-echelon*, si mantengono sempre orientate N100°-130°, compatibilmente con le orientazioni delle strutture compressive fragili. Come per gli altri segmenti trascorrenti sono stati osservati processi di distorsione associabili al movimento orizzontale destro.

Il Segmento M.^{te} Vele-Campodimele-Pastena si presenta con un'orientazione media pari a N170°-180°. I piani di faglia, nei limitati affioramenti, presentano inclinazioni molto elevate, comprese tra i 70° e gli 85° ed immersioni verso ENE. La cinematica destra di questo elemento è stata definita attraverso l'analisi

PROGETTO CARG

degli indicatori cinematici, dell'orientazione media dei piani di clivaggio da dissoluzione per pressione e dai *trend* assiali delle strutture compressive precedenti, che presentano processi di distorsione molto evidenti nei pressi della fascia di massima deformazione.

Il Segmento Castro dei Volsci-Vallecorsa, a direzione N-S, affiora lungo il settore sud occidentale del foglio. Questo lineamento, e' stato ricostruito mediante l'analisi morfologica ed in base ai processi di distorsione presenti sulle strutture plicative interessate, poiche' i piani di faglia associati non sono mai presenti in affioramento. Tuttavia sulla base delle importanti incisioni fluviali ed in base alle variazioni dei paramentri giaciturali delle formazioni carbonatiche affioranti lungo la zona di massima deformazione, e' possibile ipotizzare l'esistenza di questo elemento che taglia l'intera struttura plicativa carbonatica da nord a sud. Come per gli altri lineamenti trascorrenti orientati in senso meridiano la cinematica attribuibile a questo lineamento tettonico e' di tipo destro.

Sulla base dei rapporti geometrici e dei caratteri cinematici esistenti, tra il sistema di faglie destre a direzione N-S ed il sistema minore a direzione N45° trascorrente sinistro affiorante nei pressi dell'abitato di Campodimele (appena fuori carta a sud di M. Croce), si può ipotizzare un meccanismo di fagliazione per *simple-shear* (Freund, 1974; Reading, 1980; Sylvester, 1988) (fig. 18). In particolare, la zona di deformazione destra a direzione N160° corrisponde all'orientazione principale del movimento. In questo contesto, si possono sviluppare strutture di taglio secondarie del tipo "**P**" sintetiche destre, piani di *Riedel* "**R**" sintetici destri, strutture antitetiche del tipo *Riedel* antitetici sinistri "**R'**". Il sistema di faglie trascorrenti sinistre, affioranti nei dintorni dell'abitato di Campodimele a direzione N80°, può essere interpretato come un piano di *Riedel* antitetico di tipo **R^{I}**.

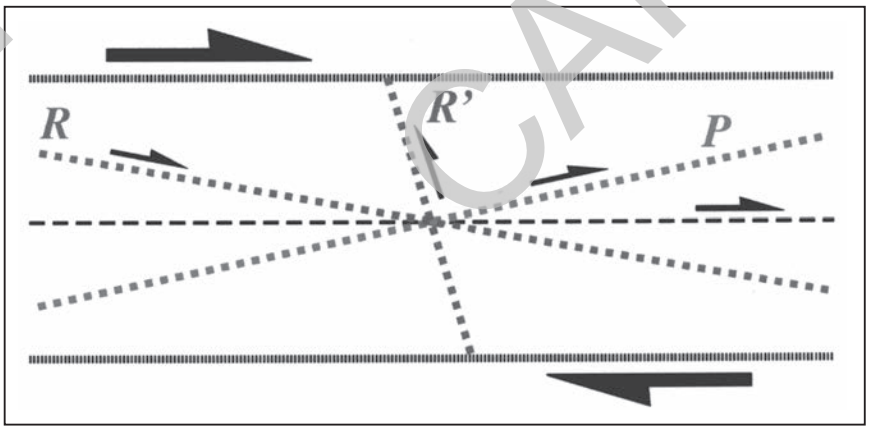


Fig. 18 - *Modello cinematico sintetico ricostruito per i sistemi di faglie trascorrenti destre presenti all'interno del Foglio 402 "Ceccano".*

PROGETTO CARG

Per quanto riguarda il Segmento trascorrente Fiume Melfa, a direzione media N-S, esso presenta caratteri cinematici da trascorrenti destri a trastensivi destri. Le popolazioni degli indicatori cinematici misurati lungo questo importante sistema trascorrente, (caratterizzati da strie di abrasione, doccie e rari gradini di calcite) mostrano una spiccata organizzazione su valori prossimi alla trascorrenza pura (*pitch* 0°), anche se non mancano concentrazioni secondarie con movimenti obliqui (*pitch* 10°-25°). Solamente nei pressi della località Spirito Santo questo sistema trascorrente destro a direzione meridiana risulta interrotto da un sistema di faglie trascorrenti destre a direzione media N120° che presentano caratteri cinematici trascorrenti destri. Numerosi sono invece i sistemi trascorrenti sinistri a direzione N40° - N30° che sono stati interpretati come piani di Riedel antitetici.

Lineamenti minori sono molto frequenti in prossimita' delle principali strutture carbonatiche appartenenti alle due Unita' tettoniche presenti all'interno del Foglio. Prevalentemente presentano orientazioni circa N-S, NNE-SSW e NE-SW, ma non mancano anche elementi a direzione E-W, ESE-WNW, SE-NW.

Tra i centri abitati di Arce e Rocca d'Arce è presente un sistema trascorrente destro a direzione N110-130°, con caratteri cinematici da trascorrenti a traspressivi. Data la sua orientazione trasversale rispetto ai principali lineamenti tettonici trascorrenti presenti nell'area, questo importante sistema di faglie è stato interpretato come appartenente al sistema sintetico di tipo **P** (fig. 18).

Nel settore nord- occidentale del Foglio, all'interno dei termini silico clastici riferibili alla formazione di Frosinone, sono presenti numerosi piani di sovrascorrimento a basso angolo e direzione media appenninica che risultano anch'essi dislocati da elementi trasversali (SW-NE) che presentano caratteri cinematici trascorrenti. Sulla base delle osservazioni condotte sul terreno questi ultimi elementi sono caratterizzati da movimenti destri principali e subordinatamente movimenti sinistri. Nel complesso le strutture trascorrenti che hanno interessato i depositi silicoclastici hanno tuttavia prodotto solamente dei piccoli spostamenti, non interferendo con l'andamento prevalentemente appenninico delle principali strutture plicative. Le analisi dei parametri giaciturali condotte in questo settore settentrionale del Foglio 402 "Ceccano" non hanno infatti mostrato variazioni significative nell'orientazione preferenziale delle strutture plicative; inoltre, quando visibili, non hanno prodotto spostamenti orizzontali dei fronti di accavallamento più importanti.

4. - TETTONICA DISTENSIVA POST-OROGENICA

(D. Rossi & E. Centamore)

L'area compresa nel Foglio 402 "Ceccano" fa parte di uno dei settori dell'Appennino Centrale in cui si sono maggiormente sviluppati, tra la fine del Pliocene medio superiore e il Quaternario, quei processi di tettonica estensionale, associati al sollevamento regionale, che hanno disarticolato il preesistente edificio

PROGETTO CARG

a pieghe e sovrascorrimenti ed hanno favorito l'impostazione dell'attuale assetto morfostrutturale con blocchi a sollevamento differenziato, separati da conche e depressioni tettoniche.

L'attività delle faglie estensionali post orogeniche è evidenziata, oltre che dalle dislocazioni di depositi continentali, della superficie sommitale *Auct*. e dei lembi di superfici relitte, anche da una serie di indizi morfologici quali faccette triangolari o trapezoidali, *scarplets*, trincee e deformazioni gravitative profonde, gomiti e catture fluviali. Molti degli elementi distensivi sono di neoformazione, ma in molti casi si osservano dislocazioni formatesi in fasi precedenti e riattivate in senso normale o transtensivo, talora con evidenti fenomeni di inversione tettonica.

L'assetto morfostrutturale del Foglio 402 "Ceccano", a blocchi rialzati e depressioni, è stato strettamente condizionato dall'attività di diversi sistemi di dislocazioni che si sono sviluppati con caratteri peculiari nelle varie zone, in relazione al controllo esercitato dalle strutture preesistenti.

Il sistema di faglie plio-pleistoceniche presenti nel Foglio è costituito da un *interconnecting network* sovraimposto agli elementi strutturali *pre-thrusting* e alle strutture compressive e trascorrenti neogeniche. Questi sistemi di faglie comprendono segmenti a direzione NW-SE, NE-SW, N-S ed E-W. L'analisi strutturale delle faglie normali è stata eseguita mediante l'individuazione dei lineamenti principali presenti nella zona di studio; inoltre l'analisi dei singoli piani di faglia mesoscopici ha permesso la loro caratterizzazione geometrica e cinematica.

Nell'ambito dei sistemi principali è stato possibile individuare famiglie di piani a diversa generazione caratterizzate da inclinazioni ed orientazioni variabili. In particolare le faglie a più basso angolo risultano dislocate da quelle ad alto angolo, enucleatesi successivamente. L'analisi cinematica condotta ha permesso la raccolta di una notevole quantità di dati, soprattutto per quanto riguarda le faglie ad andamento appenninico, che rappresentano il sistema più importante.

Al sistema appenninico appartengono faglie prevalentemente a direzione N120°-N170°, con inclinazione media compresa tra i 60° ed i 80° che ribassano verso SW e NE l'intero edificio strutturale. Localmente la connessione tra faglie contigue si realizza attraverso strutture trasversali o N-S che agiscono come faglie di trasferimento. Questi ultimi elementi, per i quali è stata misurata una cinematica transtensiva, si sviluppano spesso lungo i tracciati delle principali faglie trascorrenti che sembrano quindi essere state riattivate. Da un punto di vista geometrico i sistemi estensionali principali sono spesso caratterizzati da una *master fault* alla quale si associano piani coniugati sia sintetici sia antitetici. Sulla base delle caratteristiche geometriche dei piani di faglia e sulla giacitura delle rocce del tetto è possibile definire molti dei piani appenninici principali come piani listrici.

Nell'Unità della Catena dei Volsci il sistema appenninico è rappresentato da numerosi *horst* e *graben*. I più importanti, tra i primi, sono la dorsale M.te

PROGETTO CARG

Faggeto-M.te Le Festone-M.te Pastenense, la dorsale M.te Cavilli-M.te Caruso e la dorsale de La Civitella, caratterizzati da una serie di gradini ribassati progressivamente verso NE e verso SW. I piani di faglia mostrano direzioni comprese tra N120° e N160°, con angoli di inclinazione tra 70° e 90°. I rigetti in genere sono dell'ordine di 100-400m ma come nel caso delle faglie che bordano il lato sud-occidentale della conca Morrone del Campo-Sant'Oliva, il *top* della successione carbonatica della sub unità inferiore (cft. Paragrafo 3.1.), dove giace il Complesso di Falvaterra, è ribassato di oltre 1000m.

Le osservazioni condotte lungo i piani di faglia indicano movimenti di tipo *dip-slip* (*pitch* 90°). I piani di faglia stessi presentano superfici ben levigate, con vistose strie di abrasione e docce che a volte raggiungono una larghezza di un metro, mentre non sono mai presenti gradini di calcite. L'analisi delle fratture associate a questi elementi confermano l'ipotesi di un movimento puramente distensivo; infatti le lineazioni prodotte dall'intersezione dei piani di faglia con i piani di fratturazione risultano sempre orizzontali, orientate a 90° dalla direzione del movimento.

Nella parte più interna dell'Unità Simbruino-Ernica corrispondente alla depressione della Valle Latina, dove affiorano in prevalenza le coperture continentali e i depositi vulcanici, i principali elementi strutturali sono evidenziati principalmente da elementi morfologici e dagli allineamenti dei centri vulcanici. Particolarmente importante è il modesto sistema di faglie a direzione appenninica ed immersione verso NE che disloca i depositi vulcanici nei pressi di Colle S. Marco. Anche in questo caso gli indicatori cinematici misurati mostrano una cinematica di tipo *dip-slip*, compatibile con il regime distensivo regionale che ha interessato l'intera Valle Latina.

Nella parte più settentrionale dell'Unità Simbruino-Ernica il sistema appenninico è ben evidente negli *horst* di Rocca d'Arce-M.te Orio e di M.te S. Nicola, localizzati tra la conca di Rocca d'Arce e la depressione della Valle Latina. Questi sistemi di faglie bordiere favoriscono il graduale smembramento da NE verso SW delle strutture carbonatiche appartenenti all'Unità Simbruino-Ernica e delimitano il settore settentrionale della Valle Latina. Contrariamente ai sistemi immergenti a NE che bordano il lato meridionale della Valle Latina, qui le superfici di faglia sono ben visibili e mostrano piani ben sviluppati con angoli di immersione medi compresi tra i 65° e gli 80°. Gli indicatori cinematica, quando presenti, sono rappresentati prevalentemente da strie di abrasione e rari gradini di calcite, tutti indicanti una cinematica di tipo *dip-slip*, subordinatamente trastensiva, con *pitch* 80°-85°.

Oltre al sistema appenninico, all'interno del Foglio 402 "Ceccano" è presente un secondo sistema di faglie normali a direzione antiappenninica, caratterizzato da elementi che presentano direzioni comprese tra N30° e N70°, con indicatori cinematici di tipo *dip-slip*, subordinatamente trastensivi destri e sinistri. Le faglie antiappenniniche, affioranti tra M.^{te} Vele e Lenola, hanno angoli di inclinazione

PROGETTO CARG

molto alti, compresi tra i 65° ed i 70°, ed immergono sia verso SE sia verso NW. Gli elementi strutturali associati a queste faglie spesso sono rappresentati da un fabric "**S/C**" estensionale, formato da piani di taglio (**C**), sub-paralleli ai piani di movimento, e clivaggio da dissoluzione per pressione ad andamento sigmoidale (**S**). Alcuni esempi si osservano sul versante orientale di M.te Appiolo. Da un punto di vista cinematico, le faglie in questione mostrano movimenti *dip-slip* (*pitch* 90°) e subordinatamente trastensivi (*pitch* 85°-70°). Specialmente nei pressi di M.te Appiolo esse mostrano frequenti cambiamenti di direzione, producendo in questo modo un *pattern* di complesse interconnessioni. Tra i sistemi più importanti va sottolineato il sistema di Pastena, caratterizzato da faglie ad alto angolo di inclinazione ed orientazioni preferenziali comprese tra N10° e N40°. Gli indicatori cinematici osservati lungo i piani di faglia mostrano diverse cinematiche sovrapposte da trascorrenti a trastensive a *dip-slip*. La sovrapposizione di diverse cinematiche presenti sui principali lineamenti orientati N40° è imputabile a locali fenomeni di riattivazione di precedenti piani di faglia. In particolare le faglie di strappo, sviluppatesi durante le precedenti fasi compressive, sono state riattivate prima come trascorrenti e poi riprese dalla recente fase estensionale. Lungo tutto il margine settentrionale della Dorsale dei Volsci sono presenti numerosi sistemi di faglie antiappenniniche che hanno riattivato le precedenti *tear faults*. I piani di faglia misurati presentano generalmente angoli di inclinazione molto alti compresi tra i 70° ed i 90°, mentre gli indicatori cinematici sono spesso rappresentati da gradini di calcite e strie di abrasione.

Anche l'Unità Simbruino-Ernica è caratterizzata dalla presenza di numerosi piani di faglia a direzione antiappenninica. In questo caso la maggior parte di questi lineamenti riattiva precedenti piani di faglia presentando diverse cinematiche sovrapposte. Tra i centri abitati di Arce e Roccasecca gran parte dei sistemi di faglie antiappenniniche presenta direzioni pari a N40°-30° con piani subverticali e cinematiche sovrapposte, da trascorrenti pure (*pitch* 0°-10°) a *dip-slip*.

Le faglie appartenenti al sistema estensionale N-S affiorano principalmente sui versanti orientali di M.te Moneta, M.te Valletonda e ad Ovest del centro abitato di Campodimele. Dal punto di vista geometrico, queste faglie presentano angoli di inclinazione molto alti, compresi tra i 80° ed i 90°, i caratteri cinematici indicano movimenti di *dip-slip* sovrapposti a cinematiche di tipo *strike-slip*. Le rocce di faglia sono quasi esclusivamente rappresentate da importanti fascie cataclastiche che raggiungono spessori superiori ai 30 metri, specialmente nel settore meridionale dell'area di studio. I sistemi N-S più importanti riconosciuti all'interno del Foglio sono rappresentati dal fascio di faglie Lenola-Vallecorsa e dal sistema Vallecorsa-Castro dei Volsci.

Il sistema orientato E-W rappresenta il sistema meno sviluppato all'interno del foglio e presenta indicatori cinematici obliqui. A questo sistema vengono attribuite le faglie che raccordano segmenti orientati sia in senso appenninico

PROGETTO CARG

sia in senso antiappenninico, mostrando rigetti sensibilmente inferiori rispetto a quelli osservati per i sistemi principali. Le faglie E-W presenti nel settore settentrionale del Foglio sono state interpretate come faglie di trasferimento, poiché rappresentano sempre segmenti di raccordo tra lineamenti orientati N-S e presentano cinematiche oblique di tipo trastensive sia destre sia sinistre.

Va sottolineata l'importanza dei sistemi presenti all'interno della Valle Latina, che svincolano trasversalmente i sistemi appenninico ed antiappenninico. Al sistema N-S va attribuita gran parte dell'attività più recente, come dimostrato dalla presenza di numerose aste fluviali a direzione N-S che raccordano segmenti di drenaggio a direzione appenninica. Le stesse faglie sono responsabili del dislocamento dei depositi villafranchiani mostrando rigetti variabili sia mesoscopici sia macroscopici. Il settore settentrionale è caratterizzato dal sistema delle Gole del Melfa che riattiva numerosi piani di faglia trascorrenti destri. Per questo sistema le analisi alla mesoscala condotte lungo i numerosi piani in affioramento consentono di definire una direzione di massima estensione, orientata prevalentemente E-W e subordinatamente ESE-WNW. I rigetti calcolati per questo sistema tuttavia risultano notevolmente inferiori se confrontati con quelli valutati per i sistemi principali appenninico ed antiappenninico, anche se in qualche caso alcuni piani di faglia presentano rigetti pari a 200 m.

L'attività estensionale si è sviluppata in più fasi, con modalità diverse da zona a zona, a seconda del condizionamento esercitato dalle strutture preesistenti. La formazione della Conca di Rocca d'Arce-Santopadre è legata agli effetti della fase più antica, registrata nell'area studiata durante il Villafranchiano inferiore. La depressione in esame era bordata da faglie antiappenniniche, sul bordo nord occidentale, da faglie appenniniche sul bordo Rocca d'Arce-Arce e da faglie ad andamento N-S e E-W sul resto della depressione.

Le faglie appenniniche rappresentano invece gli elementi principali che hanno guidato nel Villafranchiano superiore l'evoluzione della depressione della Valle Latina, in cui nel Pleistocene medio basale si è sviluppato il Lago Lirino e il complesso vulcanico Ceccano-Pofi. In questo intervallo assume particolare importanza la faglia che borda il versante sudoccidentale della dorsale M.te Cairo-Rocca d'Arce, alla cui attività si deve il notevole basculamento verso NE dei depositi del Lago Lirino.

Durante il Pleistocene medio una intensa fase tettonica estensionale si è sviluppata in modo particolare nel settore limitato dagli allineamenti Selva dei Muli-Castelmassimo, Sora-Casamari-Ceprano e Ceccano-S. Giovanni Incarico. In questo settore la riattivazione di sistemi di faglie NE-SW, N10° e NW-SE ha favorito il sollevamento della porzione settentrionale del settore citato, accompagnato da un basculamento generalizzato verso S e SW nonché da una serie di gradini ribassati progressivamente verso i quadranti meridionali. Gli effetti di tale tettonica hanno prodotto nel settore esaminato sostanziali

PROGETTO CARG

modifiche morfostrutturali quali: la deviazione verso SW di alcuni corsi d'acqua ad andamento longitudinale quali il T. Amaseno e il F. Liri; la sensibile erosione dei depositi del Villafranchiano superiore; la frammentazione della depressione tettonica della paleo Valle Latina in due tronconi, uno a N dell'allineamento Selva dei Muli-Castelmassimo ed uno più meridionale, in cui si è formato il Lago Lirino. I principali edifici vulcanici del distretto di Ceccano-Pofi si sono impostati all'intersezione dei diversi sistemi di faglie; anche i loro prodotti risultano dislocati dalla tettonica estensionale medio-Pleistocenica. Nell'area di Pofi gli effetti di tale tettonica sono particolarmente evidenti: infatti le lave del Fosso Meringo sono fuoriuscite da una faglia a direzione NE-SW che ha dislocato sia il substrato che le vulcaniti più antiche. Un ulteriore basculamento del settore citato si è sviluppato dopo la deposizione delle alluvioni del sistema di Colfelice, di cui si rinvengono nell'area studiata alcuni lembi isolati, preservati dall'erosione. Tra le attività più recenti che hanno interessato l'area di studio va ricordato il sistema di faglie immergenti a NE che borda il versante orientale della dorsale carbonatica dei Volsci al margine sudoccidentale della Valle Latina. I principali piani di faglia osservati presentano direzioni comprese tra N100° e N130° con valori di inclinazione medi pari a 80° verso nord. Tali piani tuttavia non rappresentano i piani principali ma strutture minori associate ai lineamenti principali che non affiorano mai in superficie e che sono stati ricostruiti grazie alle caratteristiche morfologiche. Qui infatti sono presenti importanti incisioni fluviali e sono osservabili variazioni repentine nelle direzioni di deflusso dei principali corsi d'acqua, a testimonianza della presenza di importanti lineamenti tettonici ad attività relativamente recente. Molte delle aste fluviali assumono direzioni di drenaggio da N-S a NW-SE e subordinatamente W-E, mostrando tra l'altro angoli di curvatura molto stretti, tipici di un reticolo rettangolare, conseguenza di attività tettoniche recenti. Le variazioni di direzione di drenaggio tuttavia non caratterizzano solamente le aste fluviali più recenti (ordini gerarchici inferiori), ma interessano anche gli ordini superiori a testimonianza di una attività che si è protratta sin dal Pliocene superiore.

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

X - EVOLUZIONE TETTONICO-SEDIMENTARIA

(E. Centamore, P. Di Manna, F. Dramis & D. Rossi)

L'evoluzione geologica dell'area in esame appare condizionata dagli effetti di una tettonica polifasica che ha controllato la progressiva articolazione della paleogeografia, dal *rifting mesogeo*, al coinvolgimento dei vari settori nel dominio di avanfossa e di catena, fino allo sviluppo della tettonica estensionale associata al sollevamento. Non vi affiorano depositi più antichi del Giurassico (Lias superiore??), presenti invece sia nell'Unità della Catena dei Volsci sia nell'Unità Simbruino-Ernica, oltre i limiti del Foglio. Per questa ragione non è possibile verificare gli effetti delle fasi del rifting mesogeo sull'evoluzione delle unità tettoniche aurunco-ausone e simbruino-erniche.

Nell'insieme, tuttavia, si osservano sensibili differenze tra le successioni mesozoiche della Catena dei Volsci rispetto a quelle del dominio neritico laziale-abruzzese più esterno (Foglio 358 "Pescorocchiano"; Foglio 359 "L'Aquila", Foglio 360 "Torre de Passeri"; Foglio 368 "Avezzano"; Foglio 369" Sulmona"). Infatti nell'unità più interna mancano del tutto i livelli bauxitici e si osserva una maggiore continuità di sedimentazione.

Nell'area studiata gli effetti della tettonica sinsedimentaria sono evidenziati: a) dalla presenza di crostoni limonitizzati, localizzati su diversi termini della successione cretacico ausono-aurunca e che mettono in luce l'arresto della sedimentazione in quei settori; b) dalle discordanze angolari, dalle lacune sedimentarie e dagli *onlap* di depositi di margine-scarpata osservabili nel settore

nord orientale delle dorsali di M.te Cairo (Unità Simbruino- Ernica); c) dalle facies marginali e di rampa del Cretacico inferiore e superiore affioranti sia nel settore nord occidentale della Catena dei Volsci, sia nella Valle del Melfa che nei dintorni di Macchia d'Anagni-Sgurgola dell'Unità Simbruino-Ernica.

Nel Paleogene su entrambi i domini si estende la nota lacuna paleogenica (tav. 4A); solo ai margini dell'Unità Simbruino-Ernica, si depositano, con notevoli discordanze angolari, facies paleogeniche di rampa e di scarpata.

Nell'Oligocene superiore le differenze tra le due unità si fanno più nette, in relazione agli effetti di una nuova intensa fase tettonica (tav. 4B). Infatti mentre sull'Unità Simbruino-Ernica persiste ancora la lacuna paleogenica, la porzione meridionale dell'Unità della Catena dei Volsci inizia a flessurarsi e si osserva la messa in posto gravitativa di un olistostroma del Complesso Sicilide proveniente dalla retrostante area di catena (tav. 4B). Al disopra di quest'ultimo si deposita poi la parte superiore della unità di Pulcherini, costituita in gran parte da litofacies calcarenitico-marnose, di ambiente di bacino-scarpata (tav. 4B), al cui interno si rinviene un'abbondante detrito sia di provenienza interna che dall'adiacente dominio carbonatico ernico-simbruino.

Durante il Miocene inferiore-medio l'Unità della Catena dei Volsci viene coinvolta nel dominio di avanfossa (tav. 4C): nelle porzioni più depresse si depongono le torbiditi silicoclastiche delle arenarie di Sollacciano, caratterizzate sia da un ricco contenuto bioclastico neritico (in particolare colonie di Briozoi), sia da notevole quantità di detrito proveniente dal Dominio Sicilide.

L'abbondante contenuto bioclastico neritico, in particolare costituito da Briozoi, evidenzia un continuo apporto da un'adiacente rampa carbonatica, produttiva in tutto il Miocene inferiore-medio, che può essere identificata con ogni probabilità nell'adiacente Dominio Simbruino-Ernico (Alberti, 1953).

Durante il Miocene inferiore-medio anche nell'Unità Simbruino-Ernica si ristabilisce un ambiente marino di acque basse e clima temperato, contraddistinto dalla sedimentazione dei calcari a Briozoi e Litotamni e poi dall'unità marnoso-argillosa, all'interno dei quali si individuano diversi membri (tav. 4C). I depositi carbonatici basali si appoggiano sui diversi termini della successione mesozoica con una certa diacronia e vistosi *onlap* sulle aree più rialzate delle dorsali carbonatiche, in un contesto paleogeografico in continua evoluzione, in gran parte ereditato dalle fasi tettoniche precedenti. Le variazioni di facies e di spessore, le discordanze angolari e le lacune, marcate a luoghi da vistosi *hardgrounds* ferro-manganesiferi, testimoniano la continua disarticolazione del settore per effetto di una notevole attività tettonica sinsedimentaria dell'area. In particolare, il rinvenimento nelle successioni carbonatiche di Ceccano di successioni molto condensate, con crostoni manganesiferi e orizzonti a *fecal pellets*, sensibilmente diverse dalle successioni più continue e potenti delle aree circostanti, fa ipotizzare che le dorsali presenti nel settore della Valle Latina compreso nel Foglio fossero

PROGETTO CARG

in continua evoluzione, probabilmente in collegamento con la Dorsale di Macchia di Anagni, posta poco più a nord (Foglio 398 "Anagni").

La deposizione delle argille ad Orbulina mette in evidenza la flessurazione di questo settore di avanpaese durante il Tortoniano inferiore, mentre l'Unità della Catena dei Volsci era già compresa nel dominio di avanfossa.

Nel Tortoniano superiore, mentre l'Unità della Catena dei Volsci comincia a strutturarsi, il depocentro dell'avanfossa migra verso il settore più interno dell'Unità Simbruino-Ernica, in cui si sedimentano le torbiditi silicoclastiche della formazione di Frosinone (tav. 4D) Nelle aree più esterne e più rialzate di tale unità si depositano facies più distali (argille a Robulus, Devoto, 1967) o parte delle brecce della Renga. Queste ultime derivano dallo smantellamento di scarpate tettoniche, ubicate sia sul lato occidentale che su quello orientale della dorsale dei Monti Simbruini, in continua articolazione e sede di una rampa carbonatica produttiva, come è evidenziato dall'abbondante contenuto bioclastico-neritico dei depositi (Centamore *et alii*, 2007, *cum bibl.*).

Le frequenti variazioni di facies e di spessori che si osservano nella formazione di Frosinone mettono in evidenza che la deposizione delle torbiditi silicoclastiche si è sviluppata all'interno di un avanfossa complessa (*sensu* Ricci Lucchi, 1975), caratterizzata dalla presenza di dorsali e depressioni longitudinali bordate da faglie (Bergomi *et alii*, 1974; Alberti *et alii*, 1975; Chiocchini & Mancinelli, 1977; Damiani & Salvati, 1977).

Nel Messiniano inferiore si manifesta un'altra importante fase tettonica a carattere regionale: nell'Unità della Catena dei Volsci prende forma un bacino di *wedge-top*, all'interno del quale si depositano le argille della Madonna di Coriano (tav. 4E), mentre nell'Unità Simbruino-Ernica si sedimentano le arenarie di Torrice considerate di mare sottile da Angelucci (1966), La Monica (1966), Cipollari & Cosentino (1992, 1995).

Il depocentro sinorogenico si sposta quindi più ad est (tav. 4E), nel Bacino della Laga e in quel tratto del dominio laziale-abruzzese compreso tra la Valle Roveto e la Montagna del Morrone (Centamore *et alii*, 2005) (tav. 1). Le torbiditi carbonatiche e gli olistostromi a Lucina, che si rinvengono nella parte più interna e prossimale delle arenarie messiniane della Valle Roveto, indicano un continuo apporto dalle dorsali dei Monti Simbruini, in progressiva articolazione e ancora sede di deposizione di parte delle brecce della Renga (Centamore *et alii*, 2005).

La fine del Messiniano inferiore rappresenta un importante momento nel processo di costruzione dell'edificio compressivo. Dalla Catena dei Volsci in sollevamento si scolla per gravità una placca della Successione del Torrente Ausente che si mette in posto sui vari termini della Valle Latina, ormai corrugati (tav. 4F). Un successivo *tilting* dell'Unità della Catena dei Volsci provoca un ulteriore scollamento associato ad una intensa caoticizzazione della suddetta successione. Prende così forma il Complesso di Falvaterra che si mette in posto

PROGETTO CARG

sia al disopra della prima placca della Successione del Torrente Ausente che sull'area più interna della Valle Latina (tav. 4G).

Durante la "crisi di salinità" del Mediterraneo si sviluppa nell'intera area un bacino satellite in cui si depositano le argille e gessi di Penitro e le argille della cava di gesso (Devoto, 1967), affioranti nei pressi di Collepardo (tav. 4H).

Nell'area di catena, che ormai ha coinvolto anche le parti più interne del bacino della Laga e dell'avanfossa messiniana laziale-abruzzese, si estende successivamente un vasto arcipelago, con isolotti e bracci di mare, in cui si depositano in discordanza dapprima arenarie e argille bituminose di ambiente da marino ristretto a continentale, e quindi una successione argillosa di ambiente di lago-mare (formazione di Monte San Giovanni Campano) (Cantalamessa *et alii*, 2004) (tav. 4H).

In discordanza su detta successione e sugli altri termini più antichi giacciono depositi di delta-conoide (conglomerati di Colle Grande, tav.3H)), costituiti da clasti di rocce intrusive acide, di rocce metamorfiche e di arenarie glauconitiche provenienti da un'area tirrenica in sollevamento .

Subito dopo, in fuori sequenza, si realizza la messa in posto dell'Unità della Catena dei Volsci, che va a sovrapporsi sulle coltri scollatesi in precedenza, e si costruisce in via definitiva l'edificio a pieghe e sovrascorrimenti della Catena Simbruino-Ernica (tav. 4I).

Nel Pliocene inferiore si estende su tutta l'area un esteso bacino satellite di ambiente marino neritico, in cui si depositano in discordanza le sabbie e i conglomerati della formazione di S. Ambrogio sul Garigliano, che suturano il Sovrascorrimento dei Volsci (tav. 4I). I clasti che compongono questi depositi sono costituiti, oltre che da litotipi della coltre caotica e dei conglomerati di Colle Grande, principalmente da litotipi delle formazioni carbonatiche delle due unità tettoniche. Ciò mette in evidenza come fino al Messiniano superiore le successioni carbonatiche ausono-aurunche e quelle simbruino-erniche fossero ancora in gran parte ricoperte dai depositi terrigeni più recenti.

I depositi del Pliocene inferiore sono coinvolti nelle ultime fasi compressive che hanno interessato l'area in esame, come è messo in evidenza dalle strutture plicative, dai *thrusts* e *back-thrusts* e da limitate traslazioni fuori sequenza.

A partire dal Pliocene medio, l'area è stata soggetta ad un generale e lento sollevamento, cui hanno fatto seguito diffusi processi di erosione areale. Hanno avuto origine in tali condizioni superfici di spianamento disposte in vari ordini altimetrici ed incassate l'una nell'altra.

Dopo un'iniziale fase di quiete tettonica si attiva una fase estensionale di notevole intensità che porta alla formazione del bacino tettonico di Rocca d'Arce - Santopadre, nel quale vanno a depositarsi sedimenti fluvio-lacustri. Successivamente, con il proseguire dei processi di sollevamento regionale, di tettonica estensionale e di erosione areale, in corrispondenza della Valle Latina

PROGETTO CARG

si abbozza una prima depressione tettonica dalle cui ripide scarpate si staccano voluminose paleofrane, in seguito ricoperte da spesse coltri di brecce carbonatiche. Prende forma un primo bacino lacustre, il paleo-Lago Lirino, di cui rimangono limitati depositi, incassati in quelli precedenti, sulle dorsali comprese tra Pico, San Giovanni Incarico, Monte Leucio, Monte Grande e nell'alveo del Fiume Sacco, in contrada Campo del Conte.

Tra la fine del Pleistocene inferiore e l'inizio del Pleistocene medio si registra un notevole incremento del sollevamento regionale (Dramis, 1993).

Nel Pleistocene medio basale, in una depressione ancora più limitata, si sviluppa il Lago Lirino, sede dapprima di sedimentazione francamente lacustre e, successivamente, fluvio-lacustre, con intercalazioni di depositi di conoide alluvionale. Nelle aree più settentrionali, tra Ceccano e Pofi, è ubicata invece parte del Distretto Vulcanico della media Valle Latina, caratterizzato da una serie di centri di emissione isolati tra loro e contraddistinti da prodotti prevalentemente esplosivi e subordinatamente effusivi.

L'attività tettonica estensionale in questo periodo è particolarmente intensa, poiché i depositi lacustri del Lago Lirino appaiono dislocati e basculati verso N e NE, principalmente per effetto dell'attività delle faglie al bordo della dorsale Rocca d'Arce-Roccasecca. Anche i depositi vulcanici appaiono notevolmente dislocati e, a luoghi, basculati.

Dal Pleistocene medio finale all'Olocene, l'alternarsi di condizioni climatiche fredde e temperate, unitamente ai processi di sollevamento regionale e della tettonica estensionale, ha favorito la formazione di tre ordini di terrazzi alluvionali, posti a quote diverse sul fondovalle.

L'attuale reticolo fluviale è generalmente impostato su elementi strutturali ereditati dalle fasi tettoniche precedenti; la presenza di particolari anomalie, quali catture gomiti fluviali, mette in evidenza la riattivazione recente di alcuni di questi elementi.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

XI - CENNI DI GEOLOGIA APPLICATA

(E. Centamore, P. Di Manna & S. Nisio)

1. - RICERCHE MINERARIE

Nei primi anni del '900, nell'area ricadente nel Foglio 402 "Ceccano", furono avviate ricerche minerarie per lo sfruttamento di giacimenti d'asfalto e di lignite, di cui esistevano alcuni sporadici indizi.

I risultati ottenuti furono assai scarsi e le ricerche vennero sospese subito dopo.

Solamente nei pressi di Colle della Pece, nei calcari miocenici, notevolmente fratturati e bituminizzati, fu aperta una piccola miniera d'asfalto, che fu sfruttata per alcuni anni.

Per quanto riguarda i materiali da costruzione, sono tuttora attive cave per inerti: alcune sono localizzate negli affioramenti di rocce carbonatiche, nei dintorni di Arce e di Monte Leucio, mentre altre sono ubicate sui terrazzi del I° e del II° ordine, dove vengono trattate le alluvioni.

Nei pressi dell'ex Fornace San Bartolomeo (ad Est di M.te Leucio), su un lembo delle argille della Madonna di Coriano,inglobate nel Complesso di Falvaterra, era localizzata una cava di argilla utilizzata per la produzione di laterizi, ora dimessa e sede di un laghetto di pesca sportiva.

PROGETTO CARG

2 - MOVIMENTI FRANOSI

Nell'area del Foglio 402 "Ceccano", i fenomeni franosi sono concentrati soprattutto lungo i rilievi carbonatici localizzati al fronte del Sovrascorrimento dei Volsci o del *klippen* di M. Leucio e nelle aree di affioramento del Complesso di Falvaterra.

Sui rilievi carbonatici sopra citati, interi versanti sono ricoperti da frane antiche appartenenti al sintema di S. Leucio, che spesso vengono parzialmente riattivate da frane di crollo o rototraslazionali. Sugli stessi versanti sono molto frequenti le deformazioni gravitative profonde di versante, evidenziate dalla presenza di trinceee e basculamenti.

Negli affioramenti del Complesso di Falvaterra sono maggiormente sviluppate le frane rototraslazionali, che spesso evolvono in colamenti.

3. - OPERE DI INGEGNERIA CIVILE

Nell'area del Foglio 402 "Ceccano" sono state realizzate alcune opere di ingegneria civile che hanno richiesto appropriati studi geologico- tecnici e numerose indagini geognostiche. Presso l'abitato di Ceprano sono presenti due dighe molto vicine che costituiscono un unico sbarramento, le dighe di S. Giacomo e di S. Rocco (note anche come dighe di Collemezzo), realizzate nell'arco di quattro anni, dal 1925 al 1928. Il serbatoio delle dighe è stato ricavato sbarrando, in località Collemezzo, due contigui avvallamenti del Rio S. Giacomo e del Rio S. Rocco, separati da un sottile sperone, mediante due dighe in terra con nucleo centrale impermeabile, di caratteristiche strutturali e dimensionali identiche. L'altezza del piano di coronamento è a quota 130 m, l'altezza nel punto più depresso delle fondazioni è di 25 m, il volume complessivo delle dighe è di 120 mila metri cubi. L'argilla per la costruzione è stata ricavata dal materiale di scavo delle gallerie e parte del fondo del serbatoio.

Lungo il corso del Fiume Liri, tra Isoletta e San Giovanni Incarico, dal 1920 al 1925, è stata realizzata la Diga di Ponteliume, che costituisce lo sbarramento del cosiddetto Lago di S.Giovanni Incarico. La sponda destra del serbatoio è impostata su terreni argillosi ed arenacei, mentre presso la sponda sinistra affiorano depositi quaternari. La diga è di tipo a gravità massiccia, con andamento planoaltimetrico leggermente arcuato. Dal punto più depresso delle fondazioni la diga è alta 25,49 m ed ha un volume d'invaso di 20 mila metri cubi. Gli inerti calcarei per la sua costruzione sono stati ricavati da una cava situata sulla sponda destra.

Il settore della Valle Latina compreso tra Ceccano e Pontecorvo è attraversato da due importanti vie di comunicazione: l'Autostrada del Sole e il tracciato ferroviario dell'Alta Velocità.

PROGETTO CARG

Il locale tratto dell'Autostrada del Sole è stato realizzato attraverso una serie di trincee, viadotti e qualche galleria artificiale. Purtroppo gran parte dei tagli artificiali eseguiti lungo le trincee, che hanno messo in luce alcuni bellissime esposizioni delle unità affioranti, attualmente sono stati obliterati dalla vegetazione o da opere di contenimento.

Anche il più recente tratto della dell'Alta Velocità si snoda attraverso trincee, viadotti e gallerie.

Le gallerie più importanti sono quelle che attraversano gli apparati vulcanici di Selva Piana e di Colle Vento, oppure gli affioramenti del Complesso di Falvaterra, nei presssi di Colle della Pece.

Tra i tagli artificiali, quello eseguito nei pressi della Stazione di Ceprano-Isoletta, per la costruzione di una galleria artificiale, e attualmente ricoperto da questa struttura, ha permesso la ricostruzione di una sezione stratigrafica della locale successione continentale. In tale sezione sono stati rinvenuti numerosi resti fossili e industri litiche (vedere capitolo "Stratigrafia dei Depositi continentali").

Di notevole importanza per la stratigrafia e per le ricostruzioni dei vari eventi che hanno controllato la paleogeografia quaternaria del settore in esame sono risultati gli scavi eseguiti per la fondazione delle strutture del viadotto ferroviario in località Campo del Conte (si rimanda al capitolo "Stratigrafia dei Depositi continentali").

4. - CENNI DI IDROGEOLOGIA

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area del Foglio 402 "Ceccano" sono strettamente legate alla litologia, allo stato di fratturazione e all'assetto strutturale delle unità affioranti.

In tale area sono stati riconosciuti alcuni complessi idrogeologici. Da NE verso SW essi sono: Complesso di Santopadre; Complesso di Rocca d'Arce-M. te Cairo; Complesso le Sterpare-Colle Moro; Complesso della Valle Latina; Complesso della Catena dei Volsci.

Nel Complesso di Santopadre, costituito in gran parte dall'alternanza di litologie a permeabilità variabile argille, marne, che svolgono il ruolo di *aquicludes*, conglomerati, e di orizzonti sabbiosi; la circolazione idrica è costituita da falde discontinue e/o sospese, di interesse solamente locale, localizzate negli orizzonti grossolani più francamente impermeabili. Sono presenti tre gruppi di sorgenti, poco a nord Rocca d'Arce (Fontana Reale), con portate inferiori ai 20 l/sec.

Il Complesso di Rocca d'Arce-M.te Cairo, maggiormente esteso al di fuori dell'area del Foglio, è costituito da depositi carbonatici poco differenziati, a permeabilità molto elevata per fratturazione e carsismo, che costituiscono

PROGETTO CARG

complessivamente (al di fuori dell'area del foglio) una dorsale ad andamento appenninico. Il complesso in questione rappresenta l'acquifero principale del Lazio meridionale, le cui emergenze si rinvengono a sud dell'area del foglio, a contatto con i depositi del Lago Lirino. Il flusso principale è da NW verso SE, con drenaggio verso le importanti sorgenti di Cassino (18,8 mc/sec). Ulteriori emergenze, sono localizzate ai margini della dorsale carbonatica, al di fuori dell'area studiata, nei pressi di Fontana Liri, a NW (sorgente Bucone 820 l/sec e salinità 2000 mg/l; Accordi *et alii* 1969) e nei pressi di Equino, sorgente Capo d'Acqua di Aquino (con portata di 460 l/sec e salinità 1200 mg/l), a SE dell'area del Foglio (Boni *et alii*, 1986).

Il Complesso le Sterpare-Colle Moro è costituito da depositi della formazione di Frosinone, (alternanze di marne e arenarie con rapporto A/S superiore all'unità) caratterizzati da bassa-media permeabilità. Tale complesso viene spesso in contatto tettonico o stratigrafico con le formazioni carbonatiche dando luogo ad emergenze. La circolazione idrica all'interno del complesso è invece limitata agli orizzonti arenacei di maggiore spessore. Tali depositi costituiscono degli *aquicludi* di importanza regionale.

Il Complesso della Valle Latina è costituito da depositi di granulometria e spessore estremamente variabile, cui corrisponde una grande variabilità dei coefficienti di permeabilità. Si rinvengono alla base sedimenti lacustri limosi del Lago Lirino, su cui poggiano i depositi del Distretto Vulcanico della media Valle Latina (piroclastiti ed epivulcaniti, a differente grado di cementazione e fratturazione) e depositi alluvionali, costituiti da alternanze di argille, limi, sabbie e conglomerati in orizzonti di spessore variabile e con marcate eteropie laterali. A luoghi si rinvengono orizzonti di travertino (nella piana prossimi agli abitati di Roccasecca e Aquino) caratterizzati da valori elevati di permeabilità. Il complesso è sede di un acquifero multistrato con falde poste a profondità variabile; in generale i depositi lacustri basali costituiscono per il loro spessore un importante *aquiclude*. Le alluvioni terrazzate e i depositi vulcanici presentano differenze litologiche e di permeabilità, sono sede di falde idriche di limitata estensione e potenzialità, che alimentano sorgenti di portata piuttosto ridotta, caratterizzate da variazioni stagionali. In questo complesso sono presenti alcune sorgenti minerali, di modesta portata. Si tratta in genere di sorgenti sulfuree, ma anche ferruginose e bituminose. Alcune di queste sono chiaramente legate alla presenza di idrocarburi, come quelle nei pressi di Ripi e di Colle della Pece. Altre, invece, come quelle localizzate nell'area del Distretto Vulcanico della media Valle Latina, mettono in evidenza un idrotemalismo vulcanico residuale.

Il Complesso della Catena dei Volsci, rappresenta il complesso idrogeologico più esteso e più importante dell'area costituito da una potente successione carbonatica di piattaforma. In esso sono comunque presenti variazioni di permeabilità, in relazione alla composizione delle litofacies presenti, e in particolare al passaggio

PROGETTO CARG

tra le litofacies dolomitiche massive, a minore permeabilità, e quelle prettamente carbonatiche, oppure in presenza dell'orizzonte argilloso-marnoso ad Orbitoline, che agisce da *aquiclude*. In particolare i calcari dolomitici e le dolomie possono presentare bancate saccaroidi poco permeabili e pertanto il deflusso avviene lungo le linee tettoniche. Il livello ad Orbitoline può dare origine a falde sospese che alimentano piccole sorgenti spesso a carattere temporaneo in zone di montagna.

In generale tale complesso è caratterizzato da una permeabilità molto elevata per porosità fratturazione e carsismo, e alimenta sorgenti basali di elevata portata, al di fuori dell'area studiata, ubicate presso il margine sud-orientale della Catena, nella piana di Fondi e tra Sperlonga, Formia, Castellonorato (Boni *et alii*, 1986). Nell'area del Foglio 402 "Ceccano" il complesso alimenta alcuni gruppi principali di emergenze localizzate rispettivamente nei dintorni di Amaseno e presso gli abitati di S. Oliva, Falvaterra e S. Giovanni Incarico. Il primo gruppo di sorgenti è localizzato al nucleo del sinclinorio carbonatico, tamponato inferiormente dall'orizzonte prevalentemente dolomitico alla base dei Calcari a Radiolitidi. Tale gruppo comprende le sorgenti Voghette, sorgente Farina, Sorgente Serratane, il Gruppo di Fonte degli Ammalati, il Gruppo di Capo d'Acqua di Amaseno e la Sorgente Perluca. Ciascun gruppo di sorgenti presenta portate comprese tra 230 e 280 l/sec con portata complessiva di circa 2 mc/sec. Il secondo gruppo di sorgenti, nei pressi di Falvaterra (sorgenti di Fonte Grande, Forma Casale e Obaco), con portate rispettivamente di 250 l/sec., 260 l/sec., 280 l/sec. e salinità scarse tra 30 e 300 mg/l), sono originate al contatto tra dorsali carbonatiche e le sottostanti argille caotiche del Complesso di Falvaterra, che costituisce la base impermeabile. Dal contatto tra carbonati e alluvioni si originano le Sorgenti le Caldare e la Torre, presso l'abitato di S. Oliva, con portate rispettivamente di 280 l/sec e 320 l/sec.

Alla base del *klippen* carbonatico di Colle Leucio si originano piccole sorgenti puntuali dal contatto con le argille caotiche del Complesso di Falvaterra, la cui portata complessiva è di 330 l/sec.

5. - IDROCARBURI

Per la presenza di favorevoli indizi superficiali, quali manifestazioni bituminose , sorgenti sulfuree ed emanazioni gassose, tra la fine del '800 e gli inizi del '900, furono intraprese nella Valle Latina ricerche di idrocarburi.

Se queste, da un punto di vista economico, si sono poi rivelate piuttosto modeste, sono risultate invece assai importanti dal punto di vista scientifico.

Infatti è proprio sulla base dei risultati dei primi sondaggi che numerosi Autori (vedi capitolo "Cenni storici") adottarono l'ipotesi del "carreggiamento" delle masse carbonatiche sui depositi terrigeni.

PROGETTO CARG

Nei dintorni di Pico e di S.Giovanni Incarico (Miniera Farnesina e la Petroliera) sono stati individuati alcuni giacimenti che furono sfruttati dal 1874 al 1943, con una produzione giornaliera di olio misto ad acqua, di 92 tonnellate per pozzo. Tra il 1947 e il 1949 alcuni pozzi furono sostanzialmente riattivati, ma nel 1950 i lavori vennero definitivamente interrotti.

Un altro giacimento petrolifero, ancora attivo, anche se di entità modesta e con produzione assai saltuaria è quello di Ripi.

Gli idrocarburi sono racchiusi in serbatoi di modeste dimensioni, all'interno dei carbonati presenti al nucleo di piccole anticlinali al fronte degli *splays*, che caratterizzano le scaglie tettoniche al letto del Sovrascorrimento dei Volsci, o lungo il *sovrascorrimento di Ripi*.

Gli idrocarburi, provenienti da livelli stratigrafici molto profondi, probabilmente sono migrati in tali serbatoi, tamponati dai depositi terrigeni, lungo i sovrascorrimenti principali.

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

XII - ABSTRACT

The map sheet 402 “Ceccano” scale 1:50000 - which has been investigated and surveyed scale 1:10000 - lies in the innermost sector of the Latium-Abruzzi carbonate domain.

This area includes the eastern sector of the Ausono-Aurunco Range, the Middle Latina Valley as well as the southern prolongation of the Simbruini-Ernici Range and two main structural units can be identified: the upper internal Volsci Unit and the outer Simbruini-Ernici Unit.

These units are characterized by different lithostratigraphic sequences and structural setting that show remarkable differences in their tectonic and sedimentary evolution.

The Mesozoic sequence of the Ausono-Aurunco sector - which belongs to the Volsci Unit - is composed of inner platform carbonate deposits.

The Falvaterra Complex crops out both on different stratigraphic Cretaceous units and at the Volsci overthrust base. This complex is mainly made up of a polychromatic chaotic clay-marly-silty matrix with heterogeneous and heterometric clasts as well as disrupted and folded strata in the tens to hundreds cubic metres range. These deposits are evidence for the tectonised and chaoticised remnants of a sequence that outcrops outside the study area, on the right of the Ausente River, between Minturno and Ausonia: the Ausente River sequence.

The sedimentary trend of this sequence suggests: a) a first sinking of the Vols-

ci Range during the Upper Oligocene. At this stage a gravity-induced sliding from the internal Sicilide Complex is observed.

A carbonate-ramp marly-calcarenitic lithofacies (Upper Pulcherini Unit-Upper Oligocene-Burdigalian p.p.) deposited above this olisthostrome that represents the Lower Pulcherini Unit; b) the flexuring of the cited sector in a foredeep domain during Burdigalian p.p. Lower Tortonian, with the synorogenic siliciclastic deposition of sandstones (Sollacciano sandstones); c) the involvement of the same sector in the thrust and fold belt since Upper Tortonian. A first piggy-back basin formed during Lower Messinian with the Madonna di Coriano clay deposition. The Mesozoic local succession of the Simbruino-Ernica Unit is characterized mainly by an inner carbonatic platform sedimentation. The Cretaceous sequence is characterized by the occurrence of unconformities, gaps and transitional deposits from inner to shelf-edge. The top of the succession is bounded by a major hiatus, the Paleogene Gap. By Lower-Middle Miocene onwards, in a carbonatic ramp environment, the marine domain re-established in the Simbruino-Ernica Unit, with the *Bryozoa/Lithotamnium sp*. calcarenites deposition. These passed upsection to the Upper Serravallian-Early Tortonian clay-marly unit (unità argilloso-marnosa) following the flexuring of this foreland sector. In such unit two members can be identified: the Cylindrites marls and the Orbulina clays; these members are locally replaced by ferrigenous hard-grounds.

During the Upper Tortonian the synorogenic depocenter shifted towards the inner sector of the Simbruino-Ernica Unit, where a complex foredeep basin formed and was filled with siliciclastic deposits of the Frosinone formation.

In the Lower Messinian also the Simbruino-Ernica unit is involved in the fold and thrust belt.

Several piggy-back basins formed above the whole chain. In the Early Upper Messinian, during the salinity crisis, evaporites deposited above both the main structural units. The M. S. Giovanni Campano

Formation and the Collegrande Conglomerates deposited unconformably on these units in a Lago-Mare realm, with occasional marine episodes. The Collegrande Conglomerates - which are formed by clasts of a crystalline basement - suggest that these originate from a Tyrrhenian emerged swell. The marine sedimentation of the study area ends with the S. Ambrogio sul Garigliano Formation which deposited in a marine neritic realm.

The Messinian time was characterized by intense contractional processes. The first important event occurred at the end of the Early Messinian time when a gravity-induced sliding of part of the Ausente River Sequence occurred above the Simbruino-Ernica Unit in the western sector of the Latina Valley.

A further tilting of the Volsci Unit favoured the final detachment and the following chaoticy of the Ausente River Succession with the Falvaterra Complex formation. The final overthrusting of the Volsci Unit above the Falvaterra Com-

PROGETTO CARG

plex and the inner sector of the Simbruino-Ernica Unit occurred after the Collegrande Conglomerates deposition.

The S. Ambrogio sul Garigliano Formation sealed this thrust, although it is later involved in the definitive compressional processes that affected the whole study area.

From Middle Pliocene onwards a remarkable regional uplift - associated with extensional tectonics - occurred.

In the Lower Villafranchian - between Rocca d'Arce and the Santopadre sector - a tectonic depression formed filled with fluvial-lacustrine deposits (Santopadre Formation). In the Upper Villafranchian a deep tectonic depression (Latina paleovalley) developed with palaeolandslides, breccias and lacustrine sediments of the deposited Monte Leucio synthem. In the early Middle Pleistocene a more limited tectonic depression formed whose deposits belong to the Lirino Lake synthem, where two subsynthems can be identified: the Forma Quesa and Pontecorvo subsynthems. The first is formed by lacustrine deposits and several volcanic units of the Middle Latina Valley Volcanic District, between Ceccano and Pofi.

The second synthem is formed by alluvial plain and alluvial fan deposits and by other volcanic units.

From late Middle Pleistocene to Olocene - due to the continuous regional uplift, extensional tectonics as well as climatic and eustatic variations - alternations of erosional and depositional phases are observed. Three orders of alluvial terraces - which belong to three synthems and recent alluvial deposits - have been identified.

From a structural point of view both the main structural units have been involved in the chain structuring since Upper Tortonian (for the Volsci Range), up to Lower Messinian (for the Simbruino-Ernica Unit) with several further compressive phases until the late Lower Pliocene.

The most significant compressive structural element is represented by the Volsci Thrust, at the base of the Falvaterra Complex, through which the Volsci Unit overthrusts the Simbruino-Ernica Unit.

The Volsci Unit is affected by regionally important fold-and-thrust structures, whose orientations are consistent with the NW-SE medium direction that has been inferred through measurements of several minor structures.

These structures - which are particularly abundant in the inner sectors - are represented by mesoscopic and macroscopic folds ranging from a few centimetres to hundreds of metres in both wavelength and amplitude.

The mean fold-axis trend is N120°-130°E. Although mesoscopic folds can be observed throughout the entire stratigraphic sequence, these are particularly abundant in the Upper Cretaceous formations (ROSSI *et al.*, 2001; ROSSI, 2002). These folds appear to have detached along a dolomitic horizon and may be defined as detachment folds *sensu* JAMISON (1987).

PROGETTO CARG

Folds mainly occur close to thrust ramps, defining structures whose geometry is consistent with that predicted by thrust-related folding models. The estimated values of fault-propagation rate, and evidence for hinge migration during fold growth, support the hypothesis of a tip-line folding origin. These data indicate that folds and thrusts are geometrically and kinematically linked structures.

The thrust structures accommodate contractional displacements that range from a few hundreds metres to some kilometres. The mean dip direction of the thrust surfaces is towards SW, with striae indicating hanging-wall transport toward N30°-40°E. In addition to thrusts and folds, several strike-slip faults and complex fault systems are ubiquitously present. These structures extend with an average N-S trend and are characterized by dextral transpressional kinematics.

Transpressional faults offset all contractional structures, such as folds, thrusts and backthrusts. This is outlined by the deformation of bedding surfaces, whose trend is systematically deflected, from N130°-140° to N-S close to strike-slip faults; therefore, transpressional deformation seems best interpreted as having developed during, or after, the latest stages of contractional deformation.

The structural architecture of the Latina Valley is characterized by a complex fault pattern. The base of the Volsci Unit Thrust fault is characterized by a set of minor structures organized into a leading embricate fan pattern. In the study area these are represented from north to south by the Ceccano and Colle della Pece carbonate thrust sheets.

The north-eastern sector of the Simbruino-Ernica Unit is also organized into a few well-exposed contractional structures. These mainly consist of NW-SE trending thrusts and backthrusts. Field data suggest the local reactivation of contractional structures. This process seems mainly supported by Lower Pliocene deposits, that unconformably seal pre-existing folds and thrusts, but that are locally displaced by subsequent transpressional/compressional structures.

Since Middle Pliocene time the entire study area experienced differential uplift processes, probably related to the early stages of late or post-orogenic extensional tectonics. During this phase several high-angle, conjugate normal faults developed, that dismembered all the pre-existing contractional and transpressional structures.

Slip along normal faults resulted in the development of alternating horst and graben, that were accompanied by deposition of the Santopadre Formation in the most depressed block.

During Late Villafranchian time these processes continued, leading to the development of the Latina Valley graben, filled with lacustrine deposits, and with extensive landslides triggered by a remarkable extensional tectonics, associated with intense seismic events.

PROGETTO CARG

XIII - LEGEND

Plio-Pleistocene continental and Middle Latina Valley Volcanic District (DVM-VL) deposits.

Alluvial gravelly-sandy deposits (**b**); slope debris (**a**); alluvial/colluvial deposits (**b2**); landslides deposits (**a1**); volcaniclastic deposits (**l**)

OLOCENE

Sintema di Isoletta **(ISL)** (*Isoletta synthem*)

Alluvial gravelly-sandy terraced deposits (first order Terraces); slope debris; landslides deposits; the synthem is bounded at the base and top by erosional surfaces

UPPER PLEISTOCENE

Sintema di Ceprano **(CEP)** (*Ceprano synthem*)

Alluvial gravelly-sandy terraced deposits (second order Terraces); slope debris (**ISLa**); landslides deposits; the synthem is bounded at the top and base by erosional surfaces

LATE-MIDDLE PLEISTOCENE

PROGETTO CARG

Sintema di Colfelice **(CFE)** (*Colfelice synthem*)

Alluvial gravelly-sandy terraced deposits (third order Terraces); slope debris (**CFEa**); landslides deposits; the synthem is bounded at the top and base by erosional surfaces

MIDDLE PLEISTOCENE p.p.

Sintema del Lago Lirino (*Lirino Lake synthem*)

This synthem is bounded at the top and base by erosional surfaces and paleosoils. It is composed mainly of lacustrine and fluvial-lacustrine deposits and by volcanites belonging to DVMVL. Within this synthem, separated by angular unconformities, the basal subsintema di Forma Quesa (Forma Quesa subsynthem), LRN1, and the upper subsintema di Pontecorvo (Pontecorvo subsynthem), LRN2, have been identified.

The Volcanites belong to the Pofi, Ceccano and SW Ceccano centres; their chemical composition according to the TAS diagram.

Subsintema di Pontecorvo (**LRN2**) (*Pontecorvo subsynthem*)

The deposits of this subsynthem lie unconformably on those of LRN1 and are composed of several lithofacies with variable time/space relationships: lacustrine deposits (yellowish calcareous sands); travertines, sandy travertines, lacustrine limestones; gravelly alluvial and alluvial-fans deposits are found here; peaty/lignitifer levels - which constitute a basal key-bed – can be observed. Abundant Mammalia are found in alluvial deposits and Mollusca within the lacustrine sequences.

Ages: 380Ky on a tuffite level interbedded in the upper part of the succession. Several volcanic units of DVMVL belong to this subsynthem.

MIDDLE PLEISTOCENE p.p. (LOWER AURELIAN).

Unità di Colle Borello (**UBO**) (*Colle Borello Unit*)

The Unit is composed of dark grey coarse ash and scoria lapilli fallout layers, basaltic in composition, and their reworked equivalents by running waters and gravity, including plane- to cross-laminated layers of fine to coarse ash and fine lapilli, a massive, consolidated, debris flow deposit (up to 4 m-thick), and intercalated centimeter-thick diatomitic horizons.

? MIDDLE PLEISTOCENE p.p.

Unità di Mola a Vento (**MVN**) (*Mola a Vento Unit*)

The Unit is composed of locally reomorphic, welded spatter deposits from lava fountain activity, passing upward to small lava tongues (up to 1.5 m thick) and lithic-rich breccia deposit (1.5 m thick), made up of basaltic scoria lapilli

PROGETTO CARG

and bombs, lava blocks and sandstone lapilli, embedded in coarse ash matrix, of possible hydromagmatic nature.

Age 40Ar/39Ar: 231±19 Ka.

MIDDLE PLEISTOCENE p.p. (LOWER AURELIAN)

Unità di Arnara (**UAN**) (*Arnara Unit*)

The Unit is composed of decimeter-thick beds of phonotephritic scoria lapilli and bombs alternating with centimeter to decimeter-thick, fairly consolidated, ash layers, enclosing abundant lava and pelite-sandstone ballistic blocks with impact sags and holocrystalline inclusions; this is derived from fallout and flow with hydromagmatic component (**UANa**). It is composed of reworked volcaniclastic deposits, comprising ash and scoria lapilli layers with ash matrix and local cross-lamination (2 m thick) and crudely stratified, grey-tawny, lahar deposits (up to 10 m thick) (**UANb**).

? MIDDLE PLEISTOCENE p.p.

Unità di Colle Capirolo (**UPR**) (*Colle Capirolo Unit*)

The Unit is composed of decimeter to meter thick beds of basaltic black scoria lapilli and bombs and centimeter-sized marly inclusions, from Strombolian fallout, and intercalated ash surge layers (**UPRa**). The Unit is overlain by a minor, fairly altered, basaltic lava flow (4 m thick, at Case Bruni di Sotto) (**UPRb**).

Age 40Ar/39Ar (UPRb): 263±58 Ka.

MIDDLE PLEISTOCENE p.p. (LOWER AURELIAN)

Unità di Fiano (**UFI**) (*Fiano Unit*)

The Unit is composed of consolidated, cross-laminated, coarse ash deposits, enclosing accretionary lapilli, lava and marly lapilli (2.5 m thick), passing upward to light grey, consolidated, plane-laminated, ash deposits from wet surges (18 m thick).

MIDDLE PLEISTOCENE p.p. (LOWER AURELIAN)

Unità di Colle Rovere (**QCR**) (*Colle Rovere Unit*)

The Unit is composed of a decimeter-thick bed of well sorted, normally graded, vesicular black scoria lapilli, basaltic in composition, derived by Strombolian fallout activity, associated with hydromagmatic, plane-laminated, ash deposits (1.3 m thick), enclosing lenses of fine scoria and lithic lapilli and breadcrusted bombs with impact sags. The Unit is overlain by massive volcaniclastic beds from mud-debris flows and thin, plane- to cross-laminated, coarse ash horizons (5 m thick).

MIDDLE PLEISTOCENE p.p. (LOWER AURELIAN)

PROGETTO CARG

Unità di Colle Marte (**UCM**) (*Colle Marte Unit*)

The Unit is composed of chaotic lithic-rich breccia that encloses meter-sized lava boulders and locally shows flow textures (5 m thick), passing to consolidated, stratified, fallout deposits, made up of reddish, basaltic scoria lapilli and blocks and lava lithic inclusions, and coarse ash horizons with traction features from hydromagmatic surges. It is locally associated with minor mud-debris flow deposits.

MIDDLE PLEISTOCENE p.p. (LOWER AURELIAN)

Unità di Pofi (**POF**) (*Pofi Unit*)

The Unit is composed of variably welded, thick beds of phonotephritic scoria lapilli, bombs, blocks and spatter, from Strombolian fallout, and interbedded thin rheomorphic scoria flow deposits; it is overlain by a possible hydromagmatic horizon, made up of microvesicular scoria lapilli, lava and sandstone inclusions and coarse ash matrix (**POFa**). It is made of meter-thick, clinopyroxene-, olivine- and leucite-bearing lava flows and decimeter-thick lava dyke, phonotephritic in composition (**POFb**).

Age 40Ar/39Ar (POFa): 298±49 Ka (BOARI *et al.*, 2009).

MIDDLE PLEISTOCENE p.p. (LOWER AURELIAN)

Unità di Colle Spinazzeta (**LSZ**) (*Colle Spinazzeta Unit*)

The Unit is composed of a coarse ash and black scoria lapilli fallout bed, passing upward to massive, laminated, consolidated ash deposits, bearing lava, carbonate, sandstone and holocrystalline inclusions, derived from mud flows (15 m thick at Colle della Guardia) (**LSZa**). Light grey, massive to laminated, consolidated ash beds, with locally interbedded basaltic scoria lapilli horizons, enclosing ballistic lithic blocks with impact sags, and decimeter-thick beds from hyperconcentrated flows (**LSZb**) are found here. It contains a light grey, altered, lava dyke, basaltic in composition (9 m thick) (**LSZc**).

Age 40Ar/39Ar (LSZc): 345±9 Ka (BOARI *et al.*, 2009).

BASAL MIDDLE PLEISTOCENE

Unità di Colle Rosso (**URO**) (*Colle Rosso Unit*)

The Unit is composed of a stratified pyroclastic succession made up of variably reworked, plane-laminated ash layers and scoria lapilli layers (10 m thick), related to hydromagmatic activity (tuff cone).

BASAL MIDDLE PLEISTOCENE

PROGETTO CARG

Unità di Colle Farneta (**ULF**) (*Colle Farneta Unit*)

The Unit is composed of whitish-tawny, consolidated ash layers and loose, plane- to cross-laminated (low angle dune-bedding) surge horizons of basaltic, dark grey scoria lapilli and blocks, enclosing lava blocks and meter-sized boulders with impact sags (exposed thickness <5 m). This unit passes upward to a massive flow deposit, made up of highly vesicular black scoria clasts and sedimentary inclusions, and coarse ash deposit, enclosing scoria lapilli and carbonate clasts; it is derived from hydromagmatic activity (tuff ring). It is locally associated to a massive mud flow deposit (15 m thick).

BASAL MIDDLE PLEISTOCENE

Unità di Colle Trinfe Derimbo (**TFD**) (*Trinfe Derimbo Unit*)

The Unit is composed of locally welded deposits of basaltic scoria lapilli and bombs from Hawaiian-Strombolian fallout activity, enclosing lava blocks with impact sags; this is overlain by interbedded scoria lapilli fallout layers and cross-laminated, grey ash surge deposits enclosing sandstone blocks and lava and carbonate fine lapilli (**TFDa**).

A minor dark grey, vesicular and fairly altered, basaltic lava flow (**TFDb**) is observed.

? MIDDLE PLEISTOCENE p.p.

Unità di Colle Selva Piana (**ULV**) (*Colle Selva Piana Unit*)

The Unit is composed of decimeter-thick, unconsolidated, stratified beds of coarse ash and fine scoria lapilli, basaltic in composition, with tuff and sedimentary inclusions; it is associated with centimeter-thick ash layers of possible hydromagmatic origin (**ULVa**). Minor grey, aphiric, altered, lava flows with onion-like exfoliation (basalts and leucite-bearing basalts) (**ULVb**) are observed.

Age 40Ar/39Ar (ULVb): 357±13 Ka (BOARI *et al.*, 2009); 350±100 Ka.

? MIDDLE PLEISTOCENE p.p.

Unità di Colle Vento (**VNT**) (*Colle Vento Unit*)

The Unit is composed of coarse ash and dark grey scoria lapilli beds, basaltic in composition, enclosing ballistic bombs and decimeter-sized reddish spatter; this is derived from Hawaiian-Strombolian activity and associated with plane- to cross-laminated coarse ash deposits of possible hydromagmatic origin (**VNTa**). A minor dark grey, highly porphiritic, altered, lava flow, with onion-like exfoliation, basaltic in composition (**VNTb**) is observed.

? MIDDLE PLEISTOCENE p.p.

PROGETTO CARG

Lave di Fosso Meringo (**LFM**) (*Fosso Meringo lavas*)

This dark grey, highly porphiritic, clinopyroxene- and olivine-bearing lava plateau locally shows columnar jointing and is phonotephritic in composition (up to 50 m thick in drillings). Radiometric age (K-Ar): 0,39±0,02 Ma (Fosso Meringo), 0,40±0,01 Ma (outcrop along the A1 highway near Pofi) (BASILONE E CIVETTA, 1975).

MIDDLE PLEISTOCENE p.p. (LOWER AURELIAN)

Subsintema di Forma Quesa (**LRN1**) (*Forma Quesa subsynthem*),

This subsynthem is composed of mainly whitish calcareous lime-muds with thin intercalations of dark graded tuffites. Several volcanic units of DVMVL belong to this subsynthem.

Age of several volcanic levels has been dated according to K/Ar: 583 Ky ± 11 Ky, 570 Ky ± 11 Ky. A more recent level shows chemical composition and mineralogical characteristics similar to those of the Tuscolano-Artemisio (Alban Hills Volcanic District) between 560/530 Ky.

Unità di Colle Quartarano (**QUR**) (*Colle Quartarano Unit*)

The Unit is composed of analcite-bearing, phonotephritic scoria lapilli horizons from Strombolian fallout, enclosing lava bombs, sandstone blocks and clinopyroxene- and feldspar-bearing holocrystalline inclusions (1.2 m thick), passing upward to massive, chaotic lithic breccia, made up of sandstone blocks, lava and holocrystalline inclusions and loose sandy matrix, with local flow textures (approximately 5 m thick).

BASAL MIDDLE PLEISTOCENE

Unità di Colle Sciassa (**UDC**) (*Colle Sciassa Unit*)

The Unit comprises: sandstone-bearing breccia; hydromagmatic ash and fine lava lapilli layers alternating with inversely-normally graded, basaltic scoria lapilli fallout beds; welded spatter horizon from lava fountain activity (0.5 m thick); it is overlain by consolidated, laminated, hydromagmatic ash layers, rich in centimeter-sized carbonate inclusions, interbedded with scoria and lava lapilli layers (3 m thick).

BASAL MIDDLE PLEISTOCENE

Unità di Colle Della Mola (**UDM**) (*Colle della Mola Unit*)

The Unit is composed of beds of trachybasaltic-phonotephritic scoria lapilli, cored bombs and rare sandstone inclusions, from lava fountain activity, interbedded with hydromagmatic ash layers, containing subrounded lava inclusions (4 m thick).

BASAL MIDDLE PLEISTOCENE

PROGETTO CARG

Unità di Colle La Grotta (**ULG**) (*Colle La Grotta Unit*)

The Unit is composed of decimeter-thick, consolidated, plane-laminated ash beds, containing accretionary lapilli and scattered lava clasts with impact sags; it is interbedded with thin, pinkish, vesicular tuff layers from wet surges and horizons of black, shoshonitic, scoria lapilli and bombs, lava and sandstone blocks (up to 50 cm in size), from Strombolian fallout. It is overlain by reworked volcaniclastic deposits including a massive debris flow deposit (3 m thick) and decimeter-thick, plane-laminated beds of scoria and lithic lapilli and ash matrix, interlayered with soil horizons and thin lacustrine sediments.

BASAL MIDDLE PLEISTOCENE

Sintema di Monte Leucio (**LEU**) (*Monte Leucio synthem*)

The synthem is bounded by erosional surfaces. Lacustrine deposits, pebbly-sandy alluvial deposits, paleolandslides deposits as well as slope debris are observed (**LEUa**).

UPPER VILLAFRANCHIAN

Formazione di Santopadre (**SAP**) (*Santopadre Formation*)

Outcrops are observed on area B. The Formation is composed of two facies associations with varying time/space relationships: Associazione sabbioso-limosa- **SAPa** (sandy-limemud association) and associazione ghiaioso-sabbiosa- **SAPb** (pebbly-sandy association):

- **SAPa**: sands with silts and clays and locally lenses of conglomerates are observed.
- **SAPb**: pebbles in a sandy-clay matrix with sandy lenses are found. This association is arranged in 80-100 m thick horizons with tabular geometry. Freshwater fauna is observed. This Formation is 500 m thick.

LOWER VILLAFRANCHIAN (MIDDLE-UPPER PLIOCENE P.P.).

MESO-CENOZOIC MARINE DEPOSITS

Paleoenvironments legend: is: inner shelf; m: shelf margin; r: carbonatic ramp; b: basin.

Formazione di S. Ambrogio sul Garigliano (**SBG**)
(*S. Ambrogio sul Garigliano Formation*)

Outcrops are observed on both areas. The Formation is composed of two lithofacies:

- sandy lithofacies (**SBGa**) composed of yellowish sands intercalated with clays and silty clays; abundant macrofauna is observed.

PROGETTO CARG

- pebbly-sandy lithofacies (**SBGb**); conglomerates in a sandy matrix, pebbles from the Torrente Ausente Successions, crystalline and metamorphic rocks from local carbonatic successions are found (b - From the *Spaeroidinellopsis* zone to the *Globorotalia puncticulata* zone)

LOWER PLIOCENE

Conglomerati di Colle Grande (**PGC**) (*Colle Grande Conglomerates*)

These are composed of etherometric/polymict conglomerates with clay lenses. Pebbles mainly from crystalline and metamorphic rocks, glauconitic sandstones from the Torrente Ausente Succession are found. (b - Atypical zone p.p.).

FINAL UPPER MESSINIAN p.p.

Formazione di Monte S. Giovanni Campano (**MVA**)
(*Monte S. Giovanni Campano Formation*)

The Formation is composed of yellowish sandstones and bioclastic calcarenites passing upwards to bituminous laminated dark marls, containing marine-brackish fishes and light marls with fresh-water Fishes, Flora and Fauna. In the upper part pelitic deposits are observed. In the study area this Formation is several metres thick. (b - Atypical zone p.p.).

UPPER MESSINIAN p.p.

COMPLESSO DI FALVATERRA **(VRT)** (*Falvaterra Complex*)

Outcrops are observed on both areas. The Complex is made up of a polychrome and chaotic clay-marly- silty matrix that hosts mixed and heterometric clasts or blocks of folded strata, ten to hundreds cubic metres sized (olistholites). The matrix clasts and olistholites belong to different stratigraphic units of the Torrente Ausente Succession outcropping outside the map-sheet 402 "Ceccano" between Minturno and Ausonia. These are the following:

Argille della Madonna di Coriano (olistholites **am**)
(*Madonna di Coriano clays*)

These are marly-silty clays.

LOWER MESSINIAN

Arenarie di Sollacciano (olistholites **as**) (*Sollacciano sandstones*)

These are siliciclastic turbiditic sandstones that are characterized by an abundant bioclastic detritus mainly with Bryozoa.

BURDIGALIAN p.p. - LOWER TORTONIAN

PROGETTO CARG

Unità di Pulcherini (*Pulcherini Unit*)

This Unit is composed of a marly-calcarenitic lithofacies (olistholites **pc**) and by an olisthostrome of *Sicilide Complex* (olistholites **pa**). The latter slid in the Volsci Unit during the Late Oligocene.

The Falvaterra Complex derived from the chaotic transformation of the Torrente Ausente Succession due to a downslope gravitational sliding occurred during the early Lower Messinian.

Formazione di Frosinone (*Frosinone Formation*)

Outcrops are found on area B. The Formation is composed of alternations of the three facies association that is characterized by varying time/space relationships:

Associazione Arenacea (**FFSa**) (*sandstones association*)

This association is composed of quartz-feldspars sandstones, without sedimentary structures, intercalated with rare thin pelitic levels. S/C >> 1

Associazione Arenaceo Pelitica (**FFSb**) (*arenaceous-pelitic association*)

This association is composed of quartz-feldspar sandstones interbedded with marls. S/³1.

Associazione Pelitico-Arenacea (**FFSc**) (*pelitic-arenaceous association*)

This association is composed of marls, silty marls and silts interbedded with yellowish sandstones S/C << 1.

Outcrops are 1500-1700 m thick maximum (b – From the *Neogloboquadrina-acostaensis* p.p. biozone to the *Globigerinoides extremus* zone)

UPPER TORTONIAN - ? EARLY MESSINIAN

Unità Argilloso-Marnosa (**UAM**) (*clay-marly Unit*)

Outcrops are observed on area B where two members have been recognized:

Argille a Orbulina (*clays with Orbulina*) (**UAM3**)

These clays are composed of grey marls, clay marls and clays, with abundant planktonic Foraminifera.

Locally they are replaced by a phosphatic hard-ground (r-b- *Neogloboquadrina acostaensis* p.p. biozone).

TORTONIAN p.p.

PROGETTO CARG

Marne a Cylindrites (**UAM2**) (*marls with Cylindrites*)

These marls are composed of marly calcarenites, glauconitic marls, with abundant microfauna. These are 10-30 m thick (r-b - **SBZ** 26 p.p. biozone).

UPPER SERRAVALLIAN-TORTONIAN p.p.

Calcari a Briozoi e Litotamni **(CBZ)**
(*limestones with Bryozoa and Lithotamnium sp.*)

An outcrop is found on area B, where only the calcareniti a Briozoa (member calcarenites with Bryozoa) **CBZ3** have been identified. Whitish/grey calcarenites/calcirudites with Bryozoa and fragments of *Lithotamnium sp.*, interbedded with whitish saccharoid calcarenites laterally passing to grey-yellowish calcarenites with Bryozoa and Pecten are observed. Locally thin levels with abundant *Lithotamnium sp.* (s-b; **SBZ** 26 pp. biozone) are found.

LANGHIAN-SERRAVALLIAN

CALCARI A RADIOLITIDI **(RDT)** (*limestones with Radiolitides*)

An outcrop is found on both areas. Mainly whitish mudstones/wackestones with rare intercalations of bioclastic calcarenites/calcirudites, abundant bioclastic calcarenites/calcirudites and abundant biostromal levels bearing Radiolitides are observed. At the base laminated levels, dessication cracks and dissolution processes (**RDT**) are found.

In the middle part of the area B outcrops, bioclastic recrystallized calcarenites, calcirudites bearing Rudistae, 30 m thick (**RDTa**), are observed. In the upper part of the area B outcrops, mudstones/wackestones and grainstones bearing Rudistae with intercalations of bioclastic dolomitic limestones (**RDTb**) are found.

The unit is 200 m thick (is - From the upper *Nezzazatinella* cf. *aegyptiaca/ Nummoloculina* cf. *irregularis* biozone to the *Accordiella conica/Rotorbinella scarsellai* biozone).

TURONIANO p.p. - SENONIAN

Calcari ad Alveolinidi e Dolomie Laminate (**DLA**)
(*limestones with Alveolinae/laminated dolomites*)

Outcrops are observed on both areas. In this unit two members have been identified: an upper member with *Cisalveolina fraasi* (**DLA2**) and a lower member with *Sellialveolina selli* (**DLA1**):

- **DLA2** is composed of bioturbated dolomitic limestones and mudstones/ wackestones. In the upper part bioclastic crystalline calcarenites/calcirudites are observed. The unit is 40-50 m thick (is - *Chrysalidina gradata/ Pseudolituonella reicheli* biozone p.p.)

  FINAL UPPER CENOMANIAN

PROGETTO CARG

- **DLA1:** brownish mudstones/wackestones, dolomitic limestones, dolomites with rare siliceous levels are observed. Thin clay-marly levels and reddish paleosoils are found. Conglomerates, reddish calcareous hard-grounds and dark dolomites are observed. It is 120 m thick. (is - From the *Pseudoraphydiamina dubia/Pseudoraphydianina lauriniensis* biozone to the lower part of the *Chrysalidina gradata/ Pseudolituonella reicheli* biozone).

  MIDDLE CENOMANIAN-UPPER CENOMANIAN p.p.

Calcari di Serra del Pruno (**PUO**) (*Serra del Pruno limestones*)

An outcrop is found on both areas. Downward light brown micrite and bioclastic calcarenite with Orbitolinidae, then white and twany mudstones/wackestones, with thin intercalations of clay and sporadic levels of flint are observed. The middle portion is characterized by laminated dolomicrite, light brown mudstones/wackestones and marly-conglomeratic levels with large quantity of quartz. Upward dolomite with laminations and saccharoid dolomites are found.

Outcrops are 230 m thick maximum (pci - From *Archaeo-alveolina Reichel* biozone to *Ostracoda and Miliolidae* biozone).

Calcari a Rudiste e Orbitoline (**RDO**)
(*limestones with Rudistae/Orbitolinae*)

This unit, outcropping only on area B, laterally substitutes **RCO** and **CMSa**. Mainly bio-intraclastic calcarenites and whitish/pinky bioclastic calcirudites with *Caprinae*, *Caprotinae* can be observed at the base and *Caprinae, Rudistae* can be found in the middle-upper part. Widespread paleokarstic surfaces are observed, subordinately *Echinidae*, *Gasteropoda* and *Radiolitida*e. Intercalation of calcarenites with abundant *Orbitolinae, Bivalvae* and *Echinidae* is found here. (m - From upper *Lithocodium aggregatum* biozone to the *Orbitolina* biozone).

APTIAN p.p.

Calcari e marne a Salpingoporella dinarica e Charophyta (**CMS**)
(*limestones/marls with Salpingoporella dinarica and Charophitae*)

These limestones/marls outcrop on area A with a prevailing lithofacies (**CMSa**). Greenish marls, clays and marls with intercalations of marly limestones, brownish limestones and conglomerates are observed. These are 15-20 m thick (is - Middle-Upper *Salpingoporella dinarica* biozone).

LOWER APTIAN p.p. - UPPER APTIAN p.p.

PROGETTO CARG

Calcari a Requienie, Caprotine e Ostreidi (**RCO**)
(*limestones with Requieniae, Caprotinae and Ostreidae*)

An outcrop is found on area A. Mainly bioclastic limestones with abundant *Caprotinae*, *Requienie Ostreidae* and rare *Caprinae* are observed. Mudstones/wackestones are found in the upper part. These are 30-40 m thick. (is - From the Upper *Cuneolina scarsellai/Cuneolina camposauri* biozone to the early *Salpingoporella dinarica* biozone).

LOWER APTIAN p.p.

Calcari ciclotemici a Gasteropodi (**CCG**) (*Ciclothem limestones with Gasteropoda*)

An outcrop is found on area A. Mudstones/wackestones with intercalations of bioclastic/intraclastic packstones/grainstones, stromatolitic levels, sheet cracks, mudstones with *Nerineidae* and *Brachiopoda* are observed. In this unit (locally 150 m thick) two members have been identified: a basal dolomitic member (**CCG1**) and an upper calcareous-dolomitic member (**CCG2**):

- **CCG2** - outcrops are found on both areas. Mainly grey mudstones/wackestones with intercalations of bioclastic calcarenites with *Requieniae* and *Gasteropoda* are found.

  Microcrystalline laminated dolomites and saccharoid dolomites (150 m thick) are found at the lower member part. (is - Berriasian-Barremian);

- **CCG1** - outcrops are found on area A. Yellowish saccharoid dolomites with algal Laminae are observed. Sometimes whitish saccharoid dolomites with intercalations of mudstones/wackestones with *Gastropoda* (50-70 m thick) are observed (is - Early Berriasian).
  The whole unit is 350-370 m thick (is - From *Favreina salevensis/Salpingoporella annulata* biozone to the *Cuneolina sarsellai/Cuneolina camposauri* biozone).

  BERRIASIAN-BARREMIAN

Calcari con Cladocoropsise Clypeina (**CCM**)
(*limestones with Cladocoropsis and Clypeina*)

An outcrop is observed on area A. In this unit two members have been identified: the lower Monte Cisterna member (**CCM2**) and the upper Monte Coronella member (**CCM3**):

- **CCM2** - Brownish mudstones/wackestones with intercalations of packstones and dolomitic limestones are observed. Very abundant *Cladocoropsis* are found here. These limestones are 300 m thick (is - From the *Cladocoropsis mirabilis* subzone to the *Cornubia palaestinensis* biozone).

  LOWER CALLOVIAN p.p. - UPPER KIMERIDGIAN p.p.

PROGETTO CARG

- **CCM3** - Whitish mudstones/packstones with intercalations of intraclastic calcarenites are observed. Siliceous levels with conglomerates and marly-clay levels are found in the lower part. Grainstones, burrowed dolomitic limestones and laminated dolomites are observed in the upper part. *Clypeina jurassica* is greatly abundant. These limestones are 150 m thick (is - *Clypeina jurassica* biozone).
  UPPER KIMMERIDGIAN - TITONIAN

  The whole unit is 450 m thick.
  LOWER CALLOVIAN p.p. - TITONIAN

Unità Calcareo-Dolomitica (**UCD**) (*Calcareous-dolomitic Unit*)

Outcrops are found on both areas. Wackestones/packstones and oolithic grainstones are observed in the lower part. Brownish wackestones and oolithic-biointraclastic calcarenites and dolomitic limestones are found in the upper part. Paleokarst surfaces can be observed. The unit is 300 m thick. (is - *Siphovalvulina variabilis* biozone).
UPPER AALENIAN p.p. - LOWER CALLOVIAN p.p.

Unità Oolitica (**UOO**) (*Oolithic Unit*)

Outcrops are observed on area A. Oolithic/bioclastic calcarenites with rare intercalations of mudstones that are 40-50 m thick can be observed (m - *Echinodermata, Mollusca, Favreina* biozone).
AALENIAN p.p.

Calcari a Palaeodasycladus (**CPL**) (*Limestones with Paleodasycladus*)

Outcrops are found on area A. Whitish mudstones, grey-brownish packstones with intercalations of oolithic-bioclastic grainstones/rudstones are observed; dolomitic limestones and yellowish dolomites are found here. Facies with *Lithiotis* are observed in the upper part. Locally these limestones are 50 m thick. (is - *Palaeodasycladus mediterraneus* biozone).
UPPER SINEMURIAN - TOARCIAN

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

BIBLIOGRAFIA

Accordi B. (1963) - *Lineamenti strutturali del Lazio e dell'Abruzzo meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **4**: 595-633.

Accordi B. (1964) - *L'affioramento di Monte S. Giovanni Campano (Frosinone) è Miocenico?*. Geol. Rom. **3**: 415-416.

Accordi B. (1965) - *Il ritmo di sedimentazione, in età assolute, di alcune serie dell'Appennino.* Geol. Rom. **4**: 221-228.

Accordi B. (1966) - *La componente traslativa nella tettonica dell'Appennino Laziale-Abruzzese.* Geol. Rom., **5**: 355-406.

Accordi B., Angelucci A., Avena G. C., Bernardini F., Boni C. F., Bruno F., Cercato M., Coppola C., Fiore G., Funiciello R., Giglio G., La Monica G. B., Lupia Palmieri E., Mattioli B. & Parotto M. (1969) - *Idrogeologia dell'alto bacino del Liri (Appennino Centrale).* Geol. Rom., **8**: 177-559.

Accordi B., Angelucci A. & Sirna G. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia al 100.000 F.159/160 Frosinone - Cassino (2ª edizione).* Servizio Geologico d'Italia, 77 pp.

Accordi G., Carbone F., Civitelli G., Corda L., De Rita D., Esu D., Funiciello R., Kostakis T., Mariotti G. & Sposato A. (1988) - *Note illustrative della carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe.* C.N.R., Prog. Fin. Geodinamica, Quaderni. della Ric. Scient., **114:** (5) 223 pp.

Acocella V., Faccenna C. & Funiciello R. (1996) - *Elementi strutturali della Media Valle Latina.* Boll. Soc. Geol. It., **115**: 501-518.

Alberti A. (1953) - *Osservazioni preliminari sulla geologia dell'Appennino Centrale, Foglio 139 "l'Aquila" e Foglio 140 "Teramo", e della Sicilia meridionale*. Boll. Serv. Geol. D'It., **75**: 638-645.

Alberti A. U., Bergomi C., Catenacci V., Centamore E., Cestari G., Chiocchini M., Chiocchini U., Manganelli V. & Molinari Paganelli V. (1975) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 389 Anagni.* Servizio Geologico d'Italia, Firenze, Litografia Artistica Cartografica, pp. 42.

Alonsi A. (1965) - *Notizie sul quaternario della Valle del Liri (Sora-Cassino).* Quaternaria, **7**: 271-277.

Ambrosetti P. (1963) - *An elephant tusc found near Ceprano (Southern Latium).* Geol. Rom., **2**: 207-212.

Angelucci A. (1966a) - *La serie miocenica della Media Valle Latina (Frosinone).* Geol. Rom., **5**: 425-452, Roma.

Angelucci A. (1966b) - *Tectonic marks on pebbles of Middle Latina Valley (Central Italy).* Geol. Rom., **5**: 313-322, Roma.

Angelucci A. (1967) - *Rapporti tra tettonica pleistocenica e vulcanismo minore intraappenninico nel Lazio meridionale*. Atti Acc. Gioenia Sc. Catania. **18**: 73-84.

Angelucci A. (1970) - *La formazione di Santopadre.* In: *Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia; Formazioni Geologiche.* Fasc. **2**: Serv. Geol. D'It., Roma.

Angelucci A., Bellotti A. & Valeri P. (1979) - *Analisi di facies dei sedimenti terrigeni tortoniani nella zona di Frosinone*. Geol. Rom.. **18**: 127-135.

Angelucci A., Brotzu P., Civitelli G., Morbidelli L., Peltz S. & Traversa G. (1974a) - *Donnée preliminaires concernant le volcanisme explosif de "Media Valle Latina" (Province volcanique Romaine, Italie).* Compte Rendu de l'Ist. Geol. De Bucuresti, Bucuresti.

Angelucci A., Brotzu P., Civitelli G., Morbidelli L., Peltz S. & Traversa G. (1974b) - *Il vulcanismo pleistocenico della Media Valle Latina (Lazio). Caratteristiche petrografiche e geologiche dei principali affioramenti lavici.* Geol. Rom., **13**: 83-123.

Angelucci A. & Devoto G. (1966) - *Geologia del Monte Caccume.* Geol. Romana, **5**: 177-196.

Angelucci A., Devoto G. & Farinacci A. (1963) - *Le Argille Caotiche di Colle Cavallaro ad est di Castro dei Volsci (Frosinone).* Geol. Rom. **2**: 305-329.

PROGETTO CARG

Angelucci A. & Negretti G. (1963) - *Una serie nelle vulcaniti pleistoceniche discordanti sul Miocene medio-superiore presso Pofi (Lazio meridionale).* Geol. Rom. **2**: 41-58.

Appleton J. D. (1972) - *Petrogenesis of Potassium-rich Lavas from the Roccamonfina Volcano, Roman Region Italy.* J. Petrology, **13**: 425-456.

Ascenzi A., Biddittu I., Ciassoli P. F., Segre A. G. & Segre-Naldini E. (1996) - *A calvarium of late omo erectus from Ceprano, Italy.* Journal of Human evolution, **31**: 409-423.

Ascenzi A. & Segre A. G. (1997) - *Resti di cranio umano del Pleistocene medio-inferiore a Ceprano*. Rend. Fis. Acc. Lincei, serie 9, **8**: 39-67.

Bally A. W., Burbi L., Cooper C. & Ghelardoni R. (1980) - *Balanced section and seismic reflection profiles across the Central Appennines.* Mem. Soc. Geol. It., **35**: 257-310.

Bartole R. (1984) - *Tectonic structure of the Latian-Campanian shelf (Tyrrhenian sea).* Boll. Ocean. Teorica e applicata, **2** (3): 197-230.

Basilone P. & Civetta L. (1975) - *Datazione K/Ar dell'attività vulcanica dei Monti Ernici (Latina).* Rendiconti Soc. Ital. Min. Petr., **31**: 175-179.

Bassiani F. (1909) - *Sui fossili e sull'età del deposito di Castro dei Volsci, in provincia di Roma (Miocene superiore).* Boll. R. Com. Geol. D'Italia, 409-416.

Bellotti P., Landini B. & Valeri P. (1984) - *Associazioni di facies e lineamenti evolutivi generali del "complesso torbiditico altomiocenico laziale-abruzzese"*. Boll. Soc. Geol. It., **103**: 311-326.

Bellotti P. & Valeri P. (1982) - *Il Bacino "minore" di Tagliacozzo (Appennino centrale): analisi delle facies torbiditiche.* Boll. Soc. Geol. It., **101**: 57-68.

Bellotti P. & Valeri P. (1984) - *Tracce fossili e loro distribuzione nelle facies del Complesso Torbiditico laziale-abruzzese.* Boll. Soc. Geol. It., **103**: 477-483.

Beneo E. (1936) - *La formazione miocenica e la tettonica della Val Roveto (alta valle del Fiume Liri).* Boll. R. Uff. Geol. D'It., **61**: 1-19.

Beneo E. (1938) - *Appunti geologici sulle regioni dell'Appennino centrale comprese nel Foglio 151 (Alatri*). Boll. R. Uff. Geol. It., **63**: 1-75.

Beneo E. (1939) - *Sezione geologica della penisola Italiana dal Tirreno all'Adriatico attraverso l'appennino laziale-abruzzese*. Boll. R. Uff. Geol. D'Italia, **43**: 1-6.

Beneo E. (1942) - *Le zone strutturali e le possibilità petrolifere della Valle Latina*. Boll. R. Uff. Geol. D'Italia, **67**: 1-21.

Beneo E. (1945) - *Schema tettonico dell'Abruzzo nord-orientale.* Boll. Uff. Geol. It., **68**.

Berggren W.A., Kent D.V., Swisher C.C. & Aubry M.P. (1995) - *A revised Cenozoic Geochronology and Chronostratigraphy*. Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineral., Tulsa, Okla **54**: 129-212.

Bergomi C., Catenacci V., Castari G., Manfredini M. & Manganelli V. (1969) - *Note illustrative della carta geologica d'Italia, Foglio 171 Gaeta.* Servizio Geologico d'Italia, 140 pp.

Bergomi C., Centamore E., Chiocchini U., Molinari V. Salvati L. & Tilia A. (1974) - *Le torbiditi tortoniane della media valle del fiume Sacco (Lazio centro-meridionale), nel quadro dell'evoluzione strutturale della regione.* Boll. Serv. Geol. It., **95**: 29-68.

Bergomi C., Manganelli V. & Scarsella F. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 172 Caserta e vulcano di Roccamonfina.* Roma, 123 pp.

Biddittu I. & Cassoli P. F. (1969) - *Una stazione del Paleolitico inferiore a Pontecorvo in provincia di Frosinone*. Quaternario, **9**: 321-348.

Biddittu I. & Celletti P. (2001) - *Plio-Pleistocene Proboscidea and Lower Palaeolithic bone industry of southern Latium (Italy*). In Cavaretta G., Gioia P., Mussi M., Palombo M.R. (eds.) "*The World of Elephants*", pubbl. CNR, Roma, 2001, 91-96

Biddittu I. & Segre A. G. (1977) - *Giacimenti preistorici e quaternario della provincia di Frosinone.* Boll. Ist. St. e Art. del Lazio meridionale, **9**: 1-2, 21-44.

PROGETTO GARG

Biggioggero B., Chiesa S., Floris B. & Prosperi L. (1988) - *Studio vulcano-tettonico della Media Valle Latina e del Roccamonfina*. Rapporto finale. Relazione Tecnica per l'ENEA.

Boari E., Tommasini S., Laurenzi M.A. & Conticelli S. (2009) - *Transition from Ultrapotassic Kamafugitic to Sub-alkaline Magmas: Sr, Nd, and Pb Isotope, Trace Element and ^{40}Ar-^{39}Ar Age Data from the Middle Latin Valley Volcanic Field, Roman Magmatic Province, Central Italy.* J. Petrol., **50**:1327-1357.

Boyer S. E. & Elliot D. (1982) - *Thrust systems*. A.A.P.G. Bullettin, **66**: 1196-1230.

Bosellini A. (1992) - *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche.* Bovolenta Editore.

Bosellini A. & Hardie L. A. (1985) - *Facies e cicli della dolomia principale delle Alpi Venete.* Mem. Soc. Geol. It., **30**: 245-266.

Boni C., Bono P. & Capelli G. (1986) - *Schema Idrogeologico dell'Italia centrale, scala 1/500.000*. Mem. Soc. Geol.It., **35**: 991-1012.

Bosi C. & Locardi E. (1991) - *Vulcanismo meso-pleistocenico nell'Appennino Laziale-Abruzzese. Studi Geologici Camerti*, vol. Spec. CROP11 (1991/**2**), 319-325.

Branco W. (1877) - *Die Vulkane des Hernikerlandes bei Frosinone in Mittel - Italien.* Neues Jahrb. F. Miner. Geol. N. Paleont., **1877**: 561-589.

Bruner E. & Manzi G. (2005) - *CT-based description and phyletic evaluation of the archaic human calvarium from Ceprano, Italy.* Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol., **285** (1): 643-58

Butler R. W. H. (1987) - *Thrust evolution within previously rifted regions: an example from the vercors, french subalpine chain.* Mem. Soc. Geol. It., **38**: 5-18.

Butler R. W. H. (1989) - *The influence of pre-existing basin structure on thrust system evolution in the western Alps.* Inversion Tectonics Published by the Geological Society, 105-122.

Calamita F., Pizzi A., Ridolfi M., Rusciadelli G. & Scisciani V. (1998) - *Il buttressing delle faglie sinsedimentarie pre-thrusting sulla strutturazione neogenica della catena appenninica; l'esempio della Montagna dei Fiori (Appennino centrale esterno).* Boll. Soc. Geol. It., **117**, **3**: 725-745.

Cacciamali G. B. (1924) - *Carreggiamenti nell'Appennino Abruzzese Campano.*Boll. Soc. Geol. It., **35**: 128-138.

Cahuzac B. & Poignant A. (1997) - *Essai de biozonation de l'Oligo-Miocène dans les bassins européens à l'aide des grands foraminifères néritiques*. Bull. Soc. Géol. Fr. Paris, **168** (2): 155-169.

Caloi L. & Palombo M.R. (1995) - *Le mammalofaune del Pleistocene inferiore nell'Italia Centrale.* Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1994, parte A, 487-501.

Cande S.C. & Kent D.V. (1992) - *A new geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic*. Journal of Geophysical Research, **97**: 13917-13951

Cande S.C. & Kent D.V. (1995) - *Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic*. Journal of Geophysical Research, **100**: n. B4, 6093-6295.

Cantalamessa G., Centamore E. & Deiana G. (2004) - *Evoluzione dell'avanfossa messiniana dell'area laziale-abruzzese-marchigiana.* Atti del II Congresso GEOSED 2004 "La geologia del sedimentario nella ricerca di base e nelle sue applicazioni", 39-41.

Capaldi G., Civetta L. & Gillot P. Y. (1985) - *Geocronology of Plio-Pleistocene vulcanic rocks from southern Italy*. Rend. Soc. It. Min. Petrol. **40**: 25-44.

Capozza M. (2001) - *Microwear analysis of Mammutus meridionalis (Nesti, 1985) molar from Campo del Conte (Frosinone, Italy).* The Word of Elephants. 1st Iternational Congress, Rome 2001 - Proceedings, 529-533.

Carannante G., Carbone F., Catenacci V. & Simone L. (1978) - *I carbonati triassici dei Monti Aurunci: facies deposizionali e diagenetiche.* Boll. Soc. Geol. It., **97**: 687-698.

Carannante G., D'Argenio B., Dello Iacovo. B., Ferreri V., Mindszenty A. & Simone L. (1992) - *Studi sul carsismo cretacico dell'Appennino Campano*. Mem. Soc. Geol., It. **41**: 733-759.

PROGETTO CARG

Carannante G., D'Argenio B., Ferreri V. & Simone L. (1987) - *Cretaceous paleokarst of the CampaniaApennines, from early diagenetic to late filling stage. A case history.* Rend. Soc. Geol. It. **9**: 251-256.

Carannante G., D'Argenio B., Mindszenty A., Ruberti D. & Simone L. (1994) - *Cretaceous-Miocene shallow water carbonate sequences. Regional unconformities and facies patterns.* Field trip guide. Excursion A2. 15th IAS Regional Meeting. Ischia.

Carbone F. (1984) - *Evoluzione tettonico-sedimentaria delle untà carbonatiche centroappenniniche durante il Meso-Cenozoico.* C.N.R. Centro di Studio per la geologia dell'Italia centrale. Roma.

Carbone F. (1992) - *Cretaceous depositional system of the evolving mesozoic carbonate platform of central apennine thrust belt, Italy.* Geol. Rom., **29**: 31-53.

Carbone F. & Catenacci V. (1978) - *Facyes analyses and relationships in upper cretaceous carbonate beach sequences Lepini Mts., Latium.* Geol. Rom., 17, 191-231.

Carbone F. & Sirna G. (1981) - *Upper Cretaceous reef models from Rocca di Cave and adjacent areas in Latium, Central Italy.* S.E.P.M., Spec. Pubbl., **30**: 427-455.

Carboni M.G., Civitelli G., Corda L., Esu D., Matteucci M., Pallini G., Schiavinotto F. & Ventura G. (1982) - *Sedimenti spongolitici del Miocene inferiore e medio dell'Appennino Centrale. Un inquadramento preliminare.* Geol. Rom., **21**: 529-540.

Carrara C. (1986) - *Sintesi dei risultati preliminari delle ricerche e delle attività intraprese nell'area campione del Lazio meridionale*. ENEA, RTI PAS/ISP/GEOL/LZ(**86**) 1.

Carrara C. (1991) - *Travertine deposits of the middle Liri Valley (Central Italy): Geomorphological, sedimentological and geochemical study. Paleoenvironmental and paleoclimatic implications.* Il Quaternario, **4**: 55-84.

Carrara C., Frezzotti M. & Giraudi C. (1995) - *Area compresa tra la valle Latina e la valle Roveto: stratigrafia plio-quaternaria.* Enea Serie Studi e Ricerche Lazio meridionale.

Carraro F. (1985) - *Compilazione di una carta morfostratigrafica dell'area campione del Lazio meridionale.* Rapporto finale inedito per l'ENEA, 1-104.

Cassetti M. (1896) - *Sulla costruzione geologica dei monti di Gaeta*. Boll. R. Comit. Geol. It., **27**: 36-45.

Cassetti M. (1900) - *Nuove osservazioni geologiche sui monti di Gaeta.* Boll. Comit. Geol. It., **31**: 74-180.

Castellano M. C., Putignano M. L., Sgrosso A. & Sgrosso I. (2000) - *Tectonostratigraphy of miocene sedimentary successions of central-southern Apennines: insight on the progressive deformation of foredeep basins*. Mem. Soc. Geol. It., **55**: 285-292.

Casto L. & Zarlenga F. (1997) - *I beni culturali a carattere geologico del Lazio: La pianura Pontina, Fondana e i Monti Ausoni meridionali*. ENEA - Regione Lazio Ed., 117 pp.

Catenacci V. (1976) - *Environmental analogies between on upper cenomanian "Bivalve" facies of hte Lepini Mts. (Latium) and the lower Jurassic "Litjiotis" facies.* Boll. Soc. Geol. It., **95**: 875-880.

Catenacci V. (1978) - *I depositi bioclastici saccaroidi della sequenza medio cretaciche dei M.ti Lepini. Caratteri sedimentologici e considerazioni genetiche*. Boll. Soc. Geol. It., **95**: 851-873.

Cati L., Colalongo M.L., Crescenti U., D'Onofrio S., Follador U., Pirini C., Pomesano Cherchi A., Salvatorini G., Sartoni S., Premoli Silva I., Wezel F.C., Bertolino V., Bizon G., Bolli M., Borsetti A.M., Dondi L., Feinberg H., Jenkins D.G., Perconig E., Sampò M. & Sprovieri R. (1968) - *Biostratigrafia del Neogene mediterraneo basata sui foraminiferi planctonici*. Boll. Soc. Geol. It., **87** (3): 491-503.

Cavinato G. P. & Sirna M. (1988) - *Elementi di tettonica transpressiva lungo la linea di Atina (Lazio meridionale).* Mem. Soc. Geol. It., **41**: (2), 1179-1190.

Centamore E., Chiocchini U., Cipriani N., Deiana G. & Micarelli A. (1978) - *Analisi dell'evoluzione tettonico-sedimentaria dei "bacini minori" torbiditici del Miocene medio-superiore nell'Appennino Umbro-Marchigiano Laziale-Abruzzese: 1) Risultati degli studi in corso*. Mem. Soc. Geol. It., **18**: 135-170.

PROGETTO CARG

Centamore E., Crescenti U. & Dramis F. (2006a) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 359 l'Aquila*. Servizio Geologico d'Italia-Apat, 154 pp.

Centamore E., Crescenti U. & Dramis F. (2006b) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 360 Torre de'Passeri*. Servizio Geologico d'Italia-Apat, 154 pp.

Centamore E., Crescenti U. & Dramis F. (2006c) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 368 Avezzano*. Servizio Geologico d'Italia-Apat, 154 pp.

Centamore E., Crescenti U. & Dramis F. (2006d) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 369 Sulmona*. Servizio Geologico d'Italia-Apat, 154 pp.

Centamore E., Di Manna P. Rossi D. (2005). *New data on the kinematic evolution of the Volsci Range*. GEOITALIA 2005. 21-23 SETTEMBRE 2005. (vol. EPITOME N. 1, pp. 289). Quinto Forum di Scienze della Terra.

Centamore E., Di Manna P. & Rossi D. (2007) - *Kinematic evolution of the Volsci Range: a new overview.* Boll. Soc. Geol. It., **126** (2): 159-172.

Centamore E., Dramis F., Fubelli G., Molin P. & Nisio S. (2003)- *Elements to correlate marine and continental sedimentary successions in the context of the neotectonic evolution of the central Apennines.* Il Quaternario, **16** (1 bis): 77-87.

Centamore E. & Micarelli A. (1991) - *Stratigrafia*. In "*L'ambiente fisico delle Marche"* S.E.L.C.A., Firenze, 5-58,.

Centamore E. & Nisio S. (2002) - *Quaternary morphodynamics between the Velino and Salto Valleys*. International Workshops on Large-Scale vertical movements and related gravitational processes. Rome-Camerino, *June 21-26, 1999.* Studi Geologici Camerti, Vol. Spec (**1**/2002): 33-44.

Centamore E. & Nisio S. (2003 a) - *Tettonica e sedimentazione (Lias-Pleistocene) nella media Valle del Salto (Rieti, Italia Centrale).* Studi Geologici Camerti 2002/**2**: 53-70.

Centamore E. & Nisio S. (2003 b) - *The effects of uplift and tilting in the Central Apennine.* Quaternary International, **101-102**: 93-101.

Centamore E. & Rossi D. (2006) - *La tettonica post-rift in Appennino: regime estensionale o tettonica d'accomodamento?.* Comunicazione Orale ed abstract presentati alla 83 Riunione estiva della Società Geologica Italiana. Chieti 12-16 settembre 2006.

Cerisola R. & Montone P. (1992) - *Analisi strutturale di un settore della catena dei Monti Ausoni-Aurunci (Lazio, Italia centrale).* Boll. Soc. Geol. It., **111**: 449-457.

Cestari R. & Sartorio D. (1995) - *Rudists facies in the Periadriatic domain*. AGIP, 207pp.

Chiesa S., Cornette Y., Gillot P.Y. & Vezzoli L. (1985) - *New interpretation of Roccamonfina volcanic history*. Abstracts, IAVCEI Meet., Naxos Sept. 1985.

Chiocchini M. (1988) - *Cribellopsis arnaudae n.sp. (Foraminiferida, Orbitolinidae) nel Cretacico inferiore del Lazio meridionale e dell'Abruzzo (Italia Centrale).* Boll. Soc. Paleont. It., **28** (1), 39-48.

Chiocchini U. & Cipriani N. (1989) - *The composition and provenance of the Tortonian and Messinian turbidites in the context of the structural evolution of the Central Apennines along the "Ancona-Anzio" line.* Sedimentary Geology, **63**: 83-91.

Chiocchini U. & Cipriani N. (1992) - *Caratteri petrografici e provenienza delle arenarie torbiditiche mioceniche dell'Appennino centrale.* Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. CROP11 (1991/**2**),139-142.

Chiocchini U., Cipriani N., Di Giacomo G., Giacchetta D. & Macri F. (1988) - *Petrografia delle arenarie torbiditiche tortoniane dei bacini laziali-abruzzesi.* Boll. Soc. Geol. It., **107**: 63-71.

Chiocchini M., Farinacci A., Mancinelli A., Molinari V. & Potetti M. (1995) - *Biostratigrafia a foraminiferi, dasicladali e calpionelle delle successioni carbonatiche mesozoiche dell'Appennino Centrale (Italia).* Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1994, parte **A**: 9-129.

Chiocchini M. & Mancinelli A. (1977) - *Microbiostratigrafia del mesozoico in facies di piattaforma carbonatica dei Monti Aurunci (Lazio meridionale).* Studi Geologici Camerti, **3**: 109-152.

PROGETTO GARG

Chiocchini M. & Mancinelli A. (1978a) - *Ricerche geologiche sul Mesozoico del Gran Sasso d'Italia (Abruzzo). III - Correlazioni microbiostratigrafiche tra facies di margine della piattaforma carbonatica e facies pelagiche del Giurassico e Cretaceo inferiore*. Studi Geologici. Camerti, **4**: 19-36.

Chiocchini M. & Mancinelli A. (1978b) - *Correlazioni microbiostratigrafiche tra facies di margine della piattaforma carbonatica e facies pelagiche del Giurassico e del Cretaceo inferiore.* Studi Geologici Camerti, **4**: 19-36.

Chiocchini M., Mancinelli A. & Romano A. (1984) - *Stratigraphic distribution of benthic Foraminifera in the Aptian, Albian and Cenomanian carbonate sequences of the Aurunci and Ausoni mountains (Southern Latium, Italy)*. Benthos, **83**: 167-181.

Chiocchini M., Mancinelli A. & Romano A. (1989) - *The gaps in the Middle-Upper Cretaceous carbonate series of the Southern Appennines, Abruzzi and Campania Regions, Italy.* Geobios, Mem. Spec., **11**: 133-149.

Cipollari P. & Cosentino D. (1991) - *Considerazioni sulla strutturazione della Catena dei Monti Aurunci: vincoli stratigrafici.* Studi Geologici Camerti, Vol. Speciale (1991/**2**): CROP 11, 151-156.

Cipollari P. & Cosentino D. (1992) - *La linea Olevano-Antrodoco: Contributo della biostratigrafia alla sua caratterizzazione cinematica.* Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. CROP11, (1991/**2**):143-150.

Cipollari P. & Cosentino D. (1995) - *Il sistema Tirreno-Appennino: segmentazione litosferica e propagazione del fronte compressivo.* Studi Geologici Camerti, Geodinamica e Tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino, Volume Speciale 1995/**2**: 125-134.

Cipollari P., Cosentino D. & Liozzi E. (1999) - *Extension- and compression- related basino in Central Italy durino the Messinian Lago-Mare event.* Tectonophysics **315** (1-4): 163-185.

Cipollari P., Cosentino D. & Parotto M. (1995) - *Modello cinematico-strutturale dell'Italia centrale*. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale 1995/**2**: 135-143.

Cipollari P., Cosentino D. & Perilli N. (1993) - *Analisi biostratigrafica dei depositi terrigeni a ridosso della linea Olevano-Antrodoco.* Geol. Rom., **29**: 495-513.

Cippitelli G. (2005) - *Oil potential of southern Latium, Latina Valley.* Epitome Fist geoitalia 2005, 20-56, 123.

Civetta L., Gasparini P. & Rampolla A. (1965) - *Aspetti dell'evoluzione magmatica del vulcano di Roccamonfina attraverso misure di radioattività*. Ann. Oss. Vesuviano, Ser. 6, **7**: 3-31.

Civetta L., Innocenti F., Lirer L., Manetti P., Munno R., Peccerillo A., Poli G. & Serri G. (1979): *Serie potassica ed alta in potassio dei Monti Ernici (Lazio meridionale): considerazioni petrografiche e geochimiche*. Rendiconti Soc. Ital. Min. Petr., **35**: 227-249.

Civetta L., Innocenti F., Manetti P., Peccerillo A. & Poli G. (1981): *Geochemical characteristics of potassic volcanics from Mts. Ernici (Southern Latium, Italy*). Contrib. Mineral. Petrol. **78**: 37-47.

Civitelli G. & Brandano M. (2005) - *Atlante delle litofacies e modello deposizionale dei calcari a briozoi e litotamni nella piattaforma laziale-abruzzese".* Boll. Soc. Geol. It., **124** (3): 611-643

Cocozza T. & Praturlon A. (1966) - *Note geologiche su Colle Cantocchio (Monti Lepini sud-occidentali).* Geol. Rom., **5**: 323-334.

Colacicchi R. (1966) - *Le caratteristiche della facies abruzzese alla luce delle moderne indagini geologiche*. Mem. Soc. Geol. It., **5**: 1-18.

Coltorti M. & Pieruccini P. (1999) - *A late Lower Pliocene planation surface across the Italian Peninsula: a key tool in neotectonic studies*. Journal of Geodynamics, **4** (2/2): 1-6.

Comeglio C. & Marelli C. (1983) - *Carta geologica della Formazione di Santopadre, Note Illustrative. In: F. Carraio "Compilazione di una carta morfostratigrafica dell'area campione nel Lazio Meridionale*. Rapporto di Progresso, **1**: Rapporto inedito per l'ENEA.

Compagnoni B. (1964) - *I molluschi pliocenici di Monte S. Giovanni Campano (Frosinone).* Geol. Rom. **3**: 251-278.

PROGETTO CARG

Conte A.M., Dolfi D., Misiti V., Mollo S. & Perinelli C. (2009) - *Experimental constraints on evolution of leucite-basanite magma at 1 and 10-⁴GPa: implications for parental compositions of Roman high-potassium magmas.* Eur. J. Mineral., **21**: 763-782.

Corrado S. & Montone P. (1994a) - *Attitude data, lineations and deformational styles of carbonate platform and slope domains in the Central Apennines.* Mem. Soc. Geol. It., **48**: 561-571.

Corrado S. & Montone P. (1994b) - *Stili deformativi a confronto in aree di piattaforma carbonatica e di transizione in Appennino Centrale.* Boll. Soc. Geol. It., **113**: 261-268.

Cortini M., Roberti N. & Scandone R. (1975) - *Geocronologia e paleomagnetismo del vulcano di Roccamonfina*. Ann. Geofisica, **28**: 129-138.

Cosentino D., Cipollari P., Di Bella L., Gliozzi E. & Pipponzi G. (2002) - *Il sistema orogenico dell'Appennino centrale: vincoli stratigrafici e cronologia della migrazione*. Studi Geologici Camerti, numero speciale **2003**: 85-99.

Cosentino D., Federici I., Cipollari P. & Gliozzi E. (2006) - *Environments and tectonic instability in Central italy (Garigliano Basin) durino the late Messinian Lago-Mare episode: new data from the onshore mondragone1 well.* Sedimentary Geology, **188/189**: 297-317.

Crescenti U. (1969a) - *Biostratigrafia delle facies mesozoiche dell'Appennino Centrale: Correlazioni.* Geol. Rom., **8**: 15-40.

Crescenti U. (1969b) - *Biostratigrafia delle facies mesozoiche dell'Appennino centrale: correlazioni.* Geol. Rom., **7**.

Crescenti U., Crostella A., Donzelli G. & Raffi G. (1969) - *Stratigrafia della serie calcarea dal Lias al Miocene nella regione marchigiano-abruzzese. Parte II -litostratigrafia, biostratigrafia, paleogeofrafia.* Mem. Soc. Geol. It., **8**: 343-420.

Cumin G. (1919) - *Su di una nuova corrente lavica dei Vulcani Ernici (Lazio).* Boll. Soc. Geol. It., **38**: 43-47.

Damiani A. V. (1982) - *Ipotesi per l'inquadramento neotettonico dell'area Lepino-Simbruino-Ernico-Marsicana (Lazio-Abruzzo).* C.N.R., P.F. Geodinamica, Pubbl., **356**: 237-248.

Damiani A.V., Chiocchini M., Colacicchi R., Mariotti G., Parotto M., Passeri L. & Praturlon A. (1992) - *Elementi litostratigrafici per una sintesi delle facies carbonatiche meso-cenozoiche dell'Appennino centrale*. Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. CROP11 (1991/2): 187-214.

Damiani A. V. & Salvati L. (1977) - *The tortonian fan complex of middle Aniene River and high Sacco River valleys.* Congr. Ass. Geot. Int. (Capri, 1977), 163-168.

D'Argenio B. (1966) - *Zone isopiche e faglie trascorrenti nell'Appennino centro-meridionale.* Mem. Soc. Geol. It., **5**: 279-299.

De Castro P. (1962) -*Sulla presenza del Giura (Dogger e Malm) nei Monti Aurunci.* Boll. Soc. Nat. Napoli, **71**

De Castro P. (1963) - *Nuove osservazioni sul livello ad Orbitolina in Campania.* Boll. Soc. Nat. Napoli, **71**

De Castro P. (1964) - *Cuneolina scarsellai n.sp. nel Cretacico dell'Appennino meridionale.* Boll. Soc. Nat. Napoli, **72**: 71-76.

De Castro P. (1966) - *Contributo alla conoscenza delle Alveoline Albiano-Cenomaniano della Campania.* Boll. Soc. Nat. Napoli, **75**: 1-22.

De Lorenzo G. & D'Erasmo G. (1931) - *Ancora sull'Elephas antiquus di Pignataro Interamnia*. Rend. R. Acc. Sc. Fis. Nat., Napoli. **1**(4): 16-19.

De Lorenzo G. & D'Erasmo G. (1932) - *L'Uomo paleolitico e l'Elephas antiquus nella Valle del Liri*. Rend. R. Acc. Sc. Fis. Nat., Napoli. **2**(4): 5 pp.

Demangeot J. (1965) - *Géomorphologie des Abruzzes Adriatiques*. Centre Recherche et Documentation Cartographique, Memoires et Documents, CNRS, Paris, 403 pp.

PROGETTO CARG

D'Erasmo G. & Moncharmont Zei M. (1955) - *Il cranio giovanile di Elephas antiquus di Pignataro Interamnia nella Valle del Liri*. Mem. Acc. Sc. Fis. Nat. **3** (3): 32 pp.

De Stefani C. (1923) - *Il supposto carreggiamento di S. Giovanni Incarico a Falvaterra.* Rend. R. Acc. Naz. Lincei, **32**: serie 5.

Devoto G. (1964) - *Il passaggio Cretaceo - Paleogene dei Monti Lepini e il problema relativo a Keramosphaera tergestina (Foraminifera).* Geol. Rom., **3**, 49-64.

Devoto G. (1965) - *Lacustrine Pleistocene in the Lower Liry Valley (Southern Latium).* Geol. Rom., **4**: 291-368.

Devoto G. (1967) - *Note geologiche sul settore centrale dei Monti Simbruini- Ernici (Lazio nord-orientale).* Boll. Soc. Nat. Napoli **76**: 487-596.

Devoto G. & Praturlon A. (1973) - *L'Appennino centrale.*In: Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino. Convegno Roma 1972. Quad. Acc. Naz. Lincei, **183**: 83-90.

Di Filippo M. (1978) - *Profili gravimetrici e modello bidimensionale dei Monti Lepini.* Rend. Soc. Geol. It., **1**: 49-52.

Di Filippo M., Favalli P., Scalera S. G. & Toro B. (1986) - *Lazio: studio delle strutture tettoniche profonde e superficiali mediante il confronto di dati gravimetrici e sismologici.* Mem. Soc. Geol. It., **35**: 294-302.

Di Filippo M. & Toro B. (1980) - *Analisi gravimetrica delle strutture del Lazio meridionale.* Geol. Rom., **19**: 285-294.

Dolfi D. (1981) - *considerazioni metrologiche su alcuni eietti a clinopirosseno e flogopite nelle vulcaniti della Media Valle Latina*. Per. Min., **50**: 189-214.

Dondi L., Papetti L. & Tedeschi D. (1966) - *Contributo sulle conoscenze sul Mesozoico del sottosuolo abruzzese.* Geol. Rom., **5**: 69-98.

Dramis F. (1993) - *Il ruolo dei sollevamenti tettonici a largo raggio nella genesi del rilievo appenninico*. Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1992/**1**: 9-15.

Farinacci A. (1962) - *Nuovo genere di Verneuilinidae (Foraminifera) marker di zona del Senoniano inf.* Geol. Rom., **1**: 4-10.

Farinacci A. & Ridolfi V. (1995) - *Evidence of calcrete crusts and karren sculture at the top of subtidal-continental cycles as sedimentary response to Apennine Late Sinemurian tectonics*. Palaeopelagos, **5**: 19-32.

Follieri M., Magri D. & Sadori L. (1988) - *Ricerche paleobotaniche nel Lazio meridionale*. Relazione inedita per l'ENEA.

Fornaciari E., Di Stefano A., Rio D. & Negri A. (1996) - *Middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region.* Micropaleontology, **42**: 37-63.

Fornaseri M. (1985) - *Geochronology of volcanic rocks from Latium (Italy).* Rend. Soc. It. Di Mineralogia e Petrologia, **40**: 73-106.

Franchi S. (1924) - *Il grande slittamento delle masse calcaree secondarie dei Monti Ausoni e Lepini sui terreni miocenici della Valle del Liri e della Valle Latina*. Rend. R. Acc. Naz. Lincei, **33**: 60-66.

Franchi S. (1926) - *Sopra una probabile finestra tettonica attraverso il carreggiamento Ausonio-Lepino presso Vallecorsa.* Boll. Geol. Soc. It., **45**: 79-80.

Freund R. (1974) - *Kinematics of transform and trascurrent faults.* Tectonoph., **21**: 93-134.

Frezzotti M.L., De Astis G., Dallai L. & Ghezzo C. (2007) - *Coexisting calc-alkaline and ultrapotassic magmatism at Monti Ernici, Mid Latina Valley (Latium, central Italy).* Eur. J. Mineral., **19**: 479-497.

Fumanti F. (1989) - *Rilevamento geologico tra l'area compresa tra Vallecorsa, Amaseno e Fondi - Foglio 159, Lazio meridionale*. Tesi di laurea inedita.

PROGETTO CARG

Fumanti F. (1998) - *Analisi delle facies ed evoluzione sedimentaria della successione cretacica di piattaforma carbonatica dei Monti d'Ocre (Abruzzo).* Tesi di dottorato inedita, Università degli studi di Roma "La Sapienza": 224 pp.

Gallo F., Rabitto G. & Salvini F. (1986) - *Analisi strutturale dei Monti Lepini (Lazio meridionale).* Mem. Soc. Geol. It., **35**: 603-610.

Giannetti B. & Ellam R. (1994) - *The primitive lavas of Roccamonfina volcano, Roman region, Italy: new constraints on melting processes and source mineralogy.* Contrib. Mineral. Petrol., **116**: 21-31.

Gignoux M. (1927) - *Sur la tectonique de la Vallee Latine (entre Rome et Naples).* C. R. Soc. Geol. De France, 69-72.

Gliozzi E., Abbazzi L., Ambrosetti P.G., Argenti P., Azzaroli A., Caloi L., Capasso Barbato L., Di Stefano G., Ficcarelli G., Kotsakis T., Masini F., Mazza P., Mezzabotta C., Palombo M.R., Petronio C., Rook L., Sala B., Sardella R., Zanalda E. & Torre D. (1996) - *Biocronology of selected large mammals from Early Pliocene to Late Pleistocene*. Int.Conf. "The Dawn of Quaternary", SEQS Meeting, Tegelen. ***Abstract.***

Gradstein F.M., Agterberg F.P., Ogg J.G., Hardenbol J., Veen P.V., Thierry J. & Huang Z. (1994) - *A Mesozoic time scale.* Journal of Geophysical Research, **99**: 24051-24074.

Grossi M. (1933) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio Frosinone.* R. Uff. Geol. D'Italia.

Grzybowsky J. (1921) - *Contributo agli studi sulla struttura geologica dell'Italia meridionale.* Boll. Soc. Geol. It., **40**: 85-97.

Hilgen F.J., Lourens L.J., Raffi I. & Vergnaud-Grazzini C. (1996) - *Early Pleistocene chronology of the Vrica section (Calabria, Italy).* Paleoceanography, **11**: 797-812.

Innocenti F., Rocchi S. & Trigila R. (1999) - *La classificazione delle rocce vulcaniche e subvulcaniche: schema operativo per il progetto CARG.* Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, **106**: 113-124.

La Monica G. B. (1966) - *Caratteristiche granulometriche e sedimentologiche delle arenarie di Torrice*. Atti dell'Acc. Gioenia di Sc. Nat., **6**: 18.

Locardi E. (1982) - *Individuazione di strutture sismogenetiche dall'esame della evoluzione vulcano-tettonica dell'Appennino e del Tirreno*. Mem. Soc. Geol. It., **24**: 569-596.

Le Bas M. J., Le Maitre R. W., Streckeisen A. & Zanettin B. (1986) - *A chemical classification of volcanic rocks based on the Total alkali-silica Diagram.* J. Petrolo. **27**: (3), 745-750.

Lorentz V. (1973) - *On the formation of maars.* Bull. Volcanologique, **37**: 183-204.

Lorentz V. (1986) - *On the growth of maars and diatremes and its relevance to the formation of tuff rings.* Bull. Volcanol., **48**: 265-274.

Mallegni F., Carnieri E., Bisconti M., Tartarelli G., Ricci S., Biddittu I. & Segre A. G. (2003) - *Homo cepranensis sp. Nov. And the evolution of African-European Middle Pleistocene hominids.* Comptes. Rendus Palevol. **2**(2): 153-159.

Manfredini M. (1953) - *Relazione preliminare sui lavori di rilevamento geologico (Foglio 159 Frosinone, Foglio 153 Agnone, Foglio 139 L'Aquila.* Boll. Serv. Geol. D'Italia, **75**: 733-737.

Manzi G. (2004) - *Human evolution at the boundary Matuyama-Brunhes.* . Evolutionary Anthropology, **13**: 11-24

Manzi G., Mallegni F. & Ascenzi A. (2001) - *A cranium for the earliest Europeans: Phylogenetic position of the hominid from Ceprano,* Italy. PNAS, **98** (17): 10011-10016.

Martina E. (1974) - *Un deposito salino nel Messiniano della Piana di Formia (Lazio meridionale).* Boll. Soc. Geol. It., **93**: 695-707.

Mariotti G. & Capotorti F. (1988) - *Analisi ed interpretazione di alcuni elementi tettonici recenti nella media Valle del Salto.* Rend. Soc. Geol. It., **11**: 79-84.

PROGETTO CARG

Mecchia G., Mecchia M., Piro M. & Barbati M. (2003) - *Le grotte del Lazio. I fenomeni carsici, elementi di geodiversità. ARP Agenzia Regionale Parchi*. Assessorato Ambiente. Regione Lazio Ed.

Melton F.A. (1959) - *Aerial photographs and structural geomorphology*. J.. Geol. , **67** (4): 351-370.

Micarelli A., Potetti M. & Chiocchini M. (1977) - *Ricerche micro-bio-stratigrafiche sulla Maiolica della regione umbro-marchigiana*. Studi Geologici Camerti **3**: 57-86.

Micarelli A. & Potetti M. (1985) - *Biostratigraphic correlations of Miocene sediments in the Umbria-Marche area (Central-Northern Appennines).* VIIIth Congress of the R.C.M.N.S. Budapest, 15-22 Sept. 1985. *Abstract*.

Montone P. & Tallini M. (1990) - *Analisi strutturale della terminazione orientale della dorsale dei Volsci (Lazio meridionale).* 75° Congr. Soc. Geol. It., Milano

Mostardini F. & Merlini S. (1986) - *Appennino centro-meridionale: sezioni geologiche e proposta di modello strutturale.* AGIP, 73° Congr. Soc. Geol. It., Roma, 1-59.

Mostardini F. & Merlini S. (1989) - *Appennino centro meridionale: sezione geologica e proposta di un modello strutturale.* Mem. Soc. Geol. It., **35**: 177-202.

Murchison R. I. (1850) - *On the earlier volcanic rocks of the Papal States*. Quart. Journ. Geol. Soc. London, **6**: 281-310.

Narcisi B. (1986) - *Ricerche di tefracronologia nella media e bassa Valle Latina*. Mem. Soc. Geol. It., **35**: 909-912.

Narcisi B. (1995) - *Elementi di tefrostratigrafia nella Valle Latina. In: Lazio meridionale. Sintesi delle ricerche geologiche multidisciplinari*. ENEA. Dip. Ambiente. 126-128.

Naso G. & Tallini M. (1993) - *Tettonica compressiva e distensiva dei Monti Aurunci occidentali (Appennino centrale): prime considerazioni*. Geol. Rom., **29**: 455-462.

Negretti G. C. (1953) - *Appunti sulla geologia della regione di Cori-Artena-Colleferro (Lazio). La posizione stratigrafica del "calcare nummulitico" dei dintorni di Colleferro*. Contr. Sc. Geol. del C.N.R., **3**: 47-60.

Negretti G. C. (1956-57) - *Appunti sull'evoluzione paleogeografica della Valle Latina settentrionale dal Cretacico superiore al Miocene superiore con particolare riguardo alla trasgressione miocenica.* Pubbl. Ist. Geol. E Paleont. Univ. Roma, **27**: 27 p.p..

Neviani I. (1960) - *Le facies a Clypeina jurassica in Italia e nel bacino mesogeo*. Riv. Ita. Paleontologia, **66**: 525-542.

Nicolich R. (1982) - *Grandi profili sismici: il profilo Latina-Pescara e le registrazioni mediante OBS nel Mar Tirreno*. Atti del I Convegno GNDT, **2**, 621-638.

Novarese V. (1926) - *La Valle Latina.* Mem. Descr. Carta Geol. D'Italia, **20**: 145-160.

Palladino D. M., Gaeta M. & Marra F. (2001) - *A large K-foiditic hydromagmatic eruption from the early activity of the Alban Hill Volcanic District, Italy*. Bull. Volcanol. **63**, 345-359.

Palombo M.R. -(2005) - *Biochronology of the Plio-Pleistocene mammalian faunas of Italian peninsula: knowledge, problems and perspectives*. Il Quaternario, **17** (2/2): 565-582.

Palombo M.R., Azanza B. & Alberdi M.T.- (2003b) - *Italian mammal biochronology from Latest Miocene to Middle Pleistocene: a multivariate approach*. Geol. Rom., **36** (2001-2002): 335-368, Roma.

Palombo M.R., Magri D., Molinaro A. & Pisano V. -(2003a) - *The Pleistocene sequence of Campo del Conte (lower Sacco valley, Southern Lazio).* Geol. Rom., **36** (2001-2002): 289-309, Roma

Parona C. F. (1921) - *Nuovi studi sulle rudiste dell'Appennino (Radiolitidi)*. Mem. R. Acc. Scienze, Torino. **63**(2): 273-293.

Parotto M. (1980) - *Apennin central. In: Introduction a la geologie generale d'Italie.* 26° Congr. Geol. Intern., Parigi 1980, 33-37.

Parotto M. & Praturlon A. (1975a) - *Geological summary of the Central Apennine, in: Structural model of Italy*. Quad. Ric. Scient., CNR, **90**: 257-300.

PROGETTO CARG

Parotto M. & Praturlon A. (1975b) - *Structural Model of Italy: Geological summary of the central Appennines.,* 257-311.

Pasquali V., Casero P., Cipollari P. & Cosentino D. (2004a) - *I bacini sinettonici della Valle Latina meridionale: nuovi vincoli stratigrafici per l'evoluzione cinematica dell'Appennino centrale.* Atti del II congresso GEOSED2004, Geologia del sedimentario nella ricerca di base e nelle sue applicazioni, Roma, 101.

Pasquali V., Casero P. & Cosentino D. (2004b) - *La Valle Latina meridionale (Lazio, Italia centrale): Geologia del sottosuolo attraverso linee sismiche e dati di pozzo.* Atti del II congresso GEOSED2004, Geologia del sedimentario nella ricerca di base e nelle sue applicazioni, Roma, 102-103.

Pasquali V., Castorina F., Cipollari P., Cosentino D. & Lo Mastro S. (2007) - *I depositi tardo-orogenici della Valle Latina meridionale: stratigrafia e implicazioni cinematiche per l'evoluzione dell'Appennino centrale.* Boll. Soc. Geol. It., **126** (**1**): 101-118.

Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda L., Mutti E., Orombelli G. Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R., Premoli-Silva I. & Sassi F.P. (1992) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Guida al rilevamento.* Servizio Geologico d'Italia, Roma, 203 pp.

Pasquarè G., Serri G. & Vezzoli L. (1979) - *Carta geologica dell'area vulcanica della media Valle Latina*. C.N.R., Prog. Fin. Geodinamica. Roma.

Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) - *Tyrrhenian basin and apenninic arcs: kinematic relations since Tortonian times.* Mem. Soc. Geol. It., **45**: 435-451.

Peccerillo A. (2005) - *Plio-Quaternary volcanism in Italy.* Springer, Berlin,pp.365.

Perrone V. & Sgrosso I. (1980) - *Prosecuzione del bacino irpino nell'Appennino laziale*. Mem. Soc. Geol. It., 2**1**: 241-255.

Pescatore T. & Vallario A. (1963) - *La serie mesozoica nel gruppo del Maggiore (Caserta).* Mem. Soc. Geol. It., **4**

Pieri M. (1966) - *Tentativo di ricostruzione paleogeografico-strutturale dell'Italia Centro-meridionale*. Geol. Romana, **5**: 407-424.

Ponzi G. (1858a) - *Sul rinvenimento dei vulcani spenti degli Ernici nella Valle Latina.* Atti Acc. Pont. N. Lincei, **11**: 61-62.

Ponzi G. (1858b) - *Osservazioni geologiche sulle province di Frosinone e di Velletri.* Comunicazione all'Accademia Pont. N. Lincei, **11**: 61-62.

Praturlon A. & Parotto M. (1974) - *Geological Pattern of Central Apennines.* Quaderni de "La Ricerca Scientifica" C.N.R..

Praturlon A. & Sirna G. (1976) - *Ulteriori dati sul margine Cenomaniano della piattaforma carbonatica laziale abruzzese*. Geol. Rom.. **15**: 83-111.

Praturlon A. (1965) - *Resti di conifere al passaggio giurese-cretaceo*. Boll. Soc. Geol. It., **84**: 279-288.

Premoli Silva I. & Sliter W.V. (1995) - *Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccione section, Gubbio, Italy*. Paleontographia Italica, **82**, 1-89.

Principi P. (1938) - *Osservazioni sui terreni terziari del Lazio meridionale.* Boll. Soc> Geol. It.,**57**: 226-237.

Putignano M. L. & Ungaro A. (1996) - *Considerazioni sulla provenienza delle intercalazioni carbonatiche nella successione terrigena messiniana nella valle dell'Ausente (Appennino centro-meridionale).* Mem. Soc. Geol. It., **51**: 351-362.

Putignano M. L. (1993) - *Evoluzione tettonico-sedimentaria della successione miocenica della valle del T. Ausente (Appennino centro-meridionale).* Tesi di Dottorato, Università di Napoli, pp. 88.

Putignano M. L. (1994) - *Ultime fasi compressive sulle unità carbonatiche degli Aurunci (Appennino centro-meridionale).* IV Conf. Scient. Ann. Sulle Att. Di Ric. Dei Dip. 91-92.

Rath G. (1873) - *Il volcano di Roccamonfina*. Boll. R. Com. Geol. D'It., **4**: 385-388.

PROGETTO CARG

Rawson P. F., Dhonat A. V., Hancock J. M. & Kennedy W. J. (1995) - *Proceedings "Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries"*. Brussels 8-16 sept 1995. Bull. Inst. Royal des Sciences naturelles de belgique **66**.

Reading H. (1980) - *Characteristics and recognition of strike-slip fault system.* Spec. Publ. Int. Ass. Sediment., **4**: 7-26.

Ricci Lucchi F. (1975) - *Miocene paleogeography and basin analysis in the Periadriatic Apennines.* In Squires C. *(Ed.), Geology of Italy.* Petroleum Exploration Society of Lybia, 5: 111pp..

Rossi D. (2002) - *Analisi geometrica e cinematica dei Monti Ausoni-Aurunci (Lazio Meridionale).* Tesi di Dottorato di Ricerca, Roma. 162 pp.

Rossi D., Bigi S., Del Castello M. & Di Manna P.- (2001) - *The structure of the Aurunci Mountains, (Southern Lazio):a balanced cross section and its restoration*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. **1**: 2002, 151-159.

Sani F., Del Ventisette C., Montanari D., Coli M., Nafissi P. & Piazzini A. (2004) - *Tectonic evolution of the internal sector of the Central Apennine, Italy.* Marine and Petroleum Geology, **21**(10) - 1235-1254.

Sartorio D. (1987) - *Reef and open episodes on a carbonate platform margin from Malm to Cenomanian: the Cansiglio example*. Mem. Soc. Geol., **40**: 91-97.

Sartori S. & Crescenti U. (1962) - *Ricerche biostratigrafiche nel Mesozoico dell'Appennino meridionale*. Giorn. Serv. Geol., **29**: 161-304.

Sartoni S. & Crescenti U. (1964) - *Sintesi biostratigrafica del Mesozoico dell'Italia meridionale.* Mem. Soc. Geol. It., 4 (1962): 685-692.

Sartorio D. & Venturini S. (1988) - *Southern Tethis Biofacies*. Agip Stratigraphic Department.

Scherillo A (1937) - *Proietti dei Vulcani Ernici*. Period. Min., **8**: 465-485.

Scoffin T. P. (1988) - *An introduction to carbonate sediments and rocks*. Blasckie London.

Segre A. G. (1984) - *Scheda 84, Pontecorvo, Lazio*. In: *I primi abitanti d'Europa*. Museo Nazionale Preistorico Etnografico "Luigi Pigorini", De Luca Editore, 167-168.

Segre A. G. (2001) - *Guida breve ai giacimenti del Paleolitico inferiore, al Pleistocene medio e al Villafranchiano del Lazio meridionale*. Congr. Internazionale La Terra degli Elefanti, Roma.

Selli R. (1957) - *Sulla trasgressione del Miocene nell'Italia meridionale*. Giornale di Geologia. Ser. **2**: 26, 1-54.

Selli R. (1962) - *Sulla trasgressione del Miocene nell'Italia meridionale.* Giornale di Geologia, **26**: 1-54.

Serra-Kiel J., Hottinger L., Caus E., Drobne K., Ferràndez C., Jauhri A.K., Less G., Pavlovec R., Pignatti J., Samsò J.M., Schaub H., Sirel E., Strougo A., Tambareau Y., Tosquella J. & Zakrevskaya E. (1998a) - *Larger Foraminiferal Biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene*. Bull. Soc. Gèol. France, Paris.

Serra-Kiel J., Hottinger L., Drobne K., Ferràndez C., Jauhri A.K., Less G., Pignatti J., Samsò J.M., Schaub H., Sirel E., Tambareau Y., Tosquella J. & Zakrevskaya E. (1998b) - *Paleocene and Eocene Benthic Foraminifera*. In: Hardenbol J., de Graciansky P.C., Jacquin T., Vail P.R. & Farley B. (eds.) - Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineral., Tulsa, Okla.

Servizio Geologico d'Italia (1934) - *Foglio 145 "Avezzano" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000* a cura di C. Crema. Poligrafico dello Stato, Roma.

Servizio Geologico d'Italia (1942) - *Foglio 146 "Sulmona" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000* a cura di E. Beneo. Poligrafico dello Stato, Roma.

Servizio Geologico d'Italia (1955) - *Foglio 139 "L'Aquila" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000* a cura di F. Scarsella. Poligrafico dello Stato, Roma.

Servizio Geologico d'Italia (1961) - *Foglio 159 "Frosinone" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000* a cura di B. Accordi. Poligrafico dello Stato, Roma.

PROGETTO CARG

Servizio Geologico d'Italia (1963) - *Foglio 140 "Teramo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000* a cura di F. Scarsella. Poligrafico dello Stato, Roma.

Servizio Geologico d'Italia, (1966a) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 160 Cassino*. II Edizione, Firenze.

Servizio Geologico d'Italia, (1966b) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 172 Caserta.* II Ed. Firenze.

Servizio Geologico d'Italia (1967) - *Foglio 152 "Sora" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000* a cura di B. Accordi. Poligrafico dello Stato, Roma.

Servizio Geologico d'Italia, (1968) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 171 Gaeta.* II Ed. Bergamo.

Servizio Geologico d'Italia, (1971) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 161 Isernia.* II Ed., Salerno.

Settepassi F. & Verdel U. (1965) - *Continental quaternary Mollusca of lower Liri Valley (Southern Latium)*. Geol. Rom., **4**: 369-451.

Sgrosso I. (1986) - *Criteri ed elementi dell'Appennino centro-meridionale.* Mem. Soc. Geol. It., **45**: 203-217.

Sirna G. (1968) - *The lower Cretaceous Charophita and the paleogeography of Mediterranean basin*. Rend. Acc. Naz. Lincei, s.VIII, **44**: 566-574.

Sirna G. (1995) - *Macrofossili mesozoici delle piattaforme carbonatiche dell'Appennino Centrale*. Studi Geologici Camerti, Vol.Spec. 1994, *parte* **A**: 9-129.

Spadoni N. (1802) - *Osservazioni mineralo-vulcaniche fatte in un viaggio nell'antico Lazio*. 164 pp. Macerata.

Sprovieri M., Bonanno A., Mazzola S., Sprovieri R. & Di Stefano E. (1996) - *Cyclostratigraphic interpretation of the relative abundance fluctuations of Globigerinoides spp. in the Tortonian Gibliscemi section (Southern Sicily).* Paleopelagos, **6**: 385-399.

Suc J. (1982) - *Palynostratigraphie et Paleoclimatologie du Pliocene inferieur en Mediterranee nord-occidental.* C.R.Ac Sc. Paris, Ser. 2, **294**: 1003-1008.

Sun S.S. (1980): *Lead isotopic study of young volcanic rocks from mid-ocean ridges, ocean islands and island arcs*. Phil. Trans. R. Soc. A, **297**: 409-445.

Suppe J. (1983) - *Geometry and kinematics of fault- bending folding:* American Journal of Science, **283**: 684-721.

Sylvester A. G. (1988) - *Strike -slip faults.* Geol. Soc.Am. Bull., **100**: 1666-1703.

Thompson R.N. (1982): *British Tertiary volcanic province*. Scott. J. Geol. **18**: 49-107.

Tribalto G., Zaccaria G. & Beneo E. (1951) - *Misure gravimetriche nella Valle Latina (Lazio) con deduzioni geologiche.* Boll. Serv. Geol. D'Italia, **73**, 357-370.

Trigila R., Gaeta M. & Freda C. (1991): *Indicazioni termodinamiche e petrologico-sperimentali sull'evoluzione ed origine dei magmi potassici dell'Italia centrale*. Studi Geologici Camerti. Vol. speciale CROP **11**: 357-367.

Tucker M.E. & Wrigth V.P. (1990) - *Carbonate sedimentology*. Blackwell, Oxford, 482 pp.

Ufficio Geologico, (1912a) - *Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 171 Gaeta*, rilev. Cassetti M., Moderni P.. I Ed., Novara.

Ufficio Geologico, (1912b) - *Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 172 Caserta.* Rilev. Cassetti M., Moderni P.. I Ed., Novara.

Ufficio Geologico, (1931) - *Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 160 Cassino.* Rilev. Cassetti M., Grossi M.. I Ed., Novara.

Vail P. R. (1987) - *Seismic stratigraphy interpretation using sequense stratigraphy*. In: A.W. Bally *Eds*., Atlas of seismic stratigraphy. AAPG studies in Geology Tulsa (OK).**27**(1).

PROGETTO GARG

Vail P. R., Audemard F., Bowman S.A., Eisner P.N. & Perz-Cruz C. (1991) - *The stratigraphic signature of tectonics, eustasy and sedimentology - an overview*. In: Einsele *et al*. (eds.) - Cycles and Events in stratigraphy. Springer-Verlag, Berlin, **61**: 7-659.

Vail P. R., Mitchum R. M. & Thompson S. (1977) - *Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level, Part 3: Relative Changes in Sea Level from Coastal Onlap. In: Payton, C. E., Seismic Stratigraphy - Applications to Hydrocarbon Exploration*. AAPG Memoir, Oklahoma, **26**: 63-81.

Van Wagoner J.C., Mitchum R.M., Campion K.M. & Rahmanian V.D. (1990) - *Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, core and outcrop: concept for high-resolution correlation of time and facies.* Am. Assoc. Petrol. Geol., Methods Explor. **7**: 55 pp.

Van Wagoner J.C., Posameinter H.W., Mitchum R.M., Vail P.R., Sarg J.F., Loutit T.S. & Hardenbol J. (1988) - *An overview of the foundamentals of sequence stratigraphy and key definitions.* In: Wilgus C.K. *et al.* (eds.) - Sea-level changes: An intregrated approach. SEPM Special Pubblication, **42**: 39-46.

Vezzoli L. (1987) - *Studio vulcanico-tettonico della media Valle Latina e del Roccamonfina. Obbiettivo intermedio 2: tephrostratigrafia quaternaria in Valle Latina*. Relazione Tecnica per l'ENEA.

Villa I.M (2001) - *Radiogenic isotopes in fluid inclusions.* Lithos, **55**: 115-124.

Viola C. (1896) - *La metamorfosi dinamica delle lave leucititiche dei vulcani degli Ernici.* Proc. Verb. Soc. tosc. Sci. Natur., Pisa.

Viola C. (1897) - *Osservazioni geologiche fatte nel 1896 sui Monti Simbruini in provincia di Roma.* Boll. R. Comit. Geol. N° 1.

Viola C. (1898) - *Porosità permeabilità e metamorfismo delle rocce in genere, e delle rocce eruttive degli Ernici in ispecie.* Atti Soc. Tosc. Sci. Natur., Proc. Verb., **11**: 15-23.

Washington H.S. (1906) - *The Roman Comagmatic Region*. Carnegie. Inst. Washington Publ. **57**, 1-199.

Watts M. D. (1987) - *Geothermal exploration of the Roccamonfina volcano, Italy*. Geothermics, **16**: 571-528.

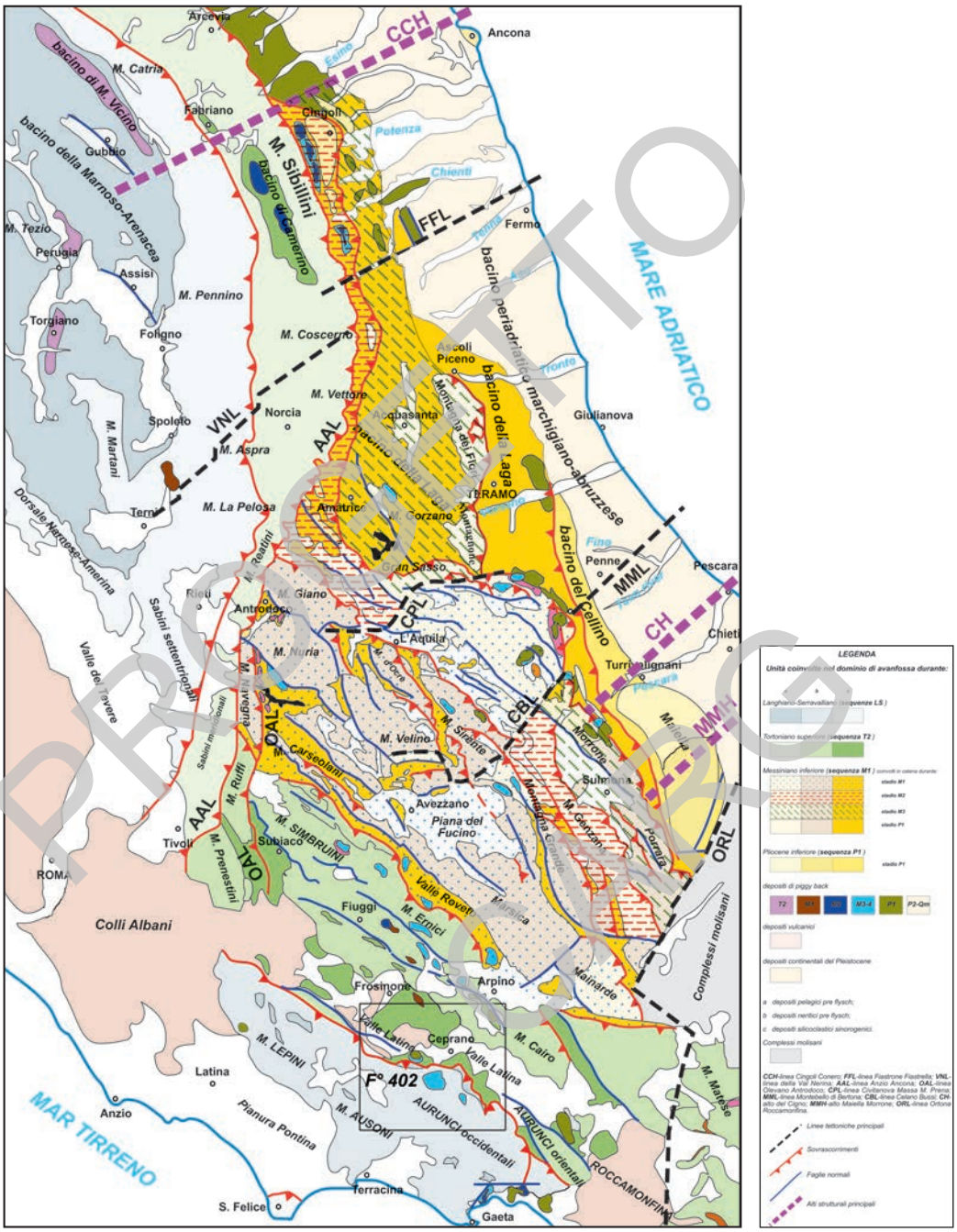
Welborn A. (1988) - *The influence of intrabasinal faults on the development of a linked thrust system.* Geologische Rundschau, **77**: 1-11.

Wilson J. L. (1975) - *Carbonate facies in geologic history*. New York Springer- Verlag, pp. 471.

Zarattini A. (ed), (1999) - *Indagine geoarcheologica e paleoambientale (Isoletta, Arce).* Tethys, unpublished report for Vianini SpA.

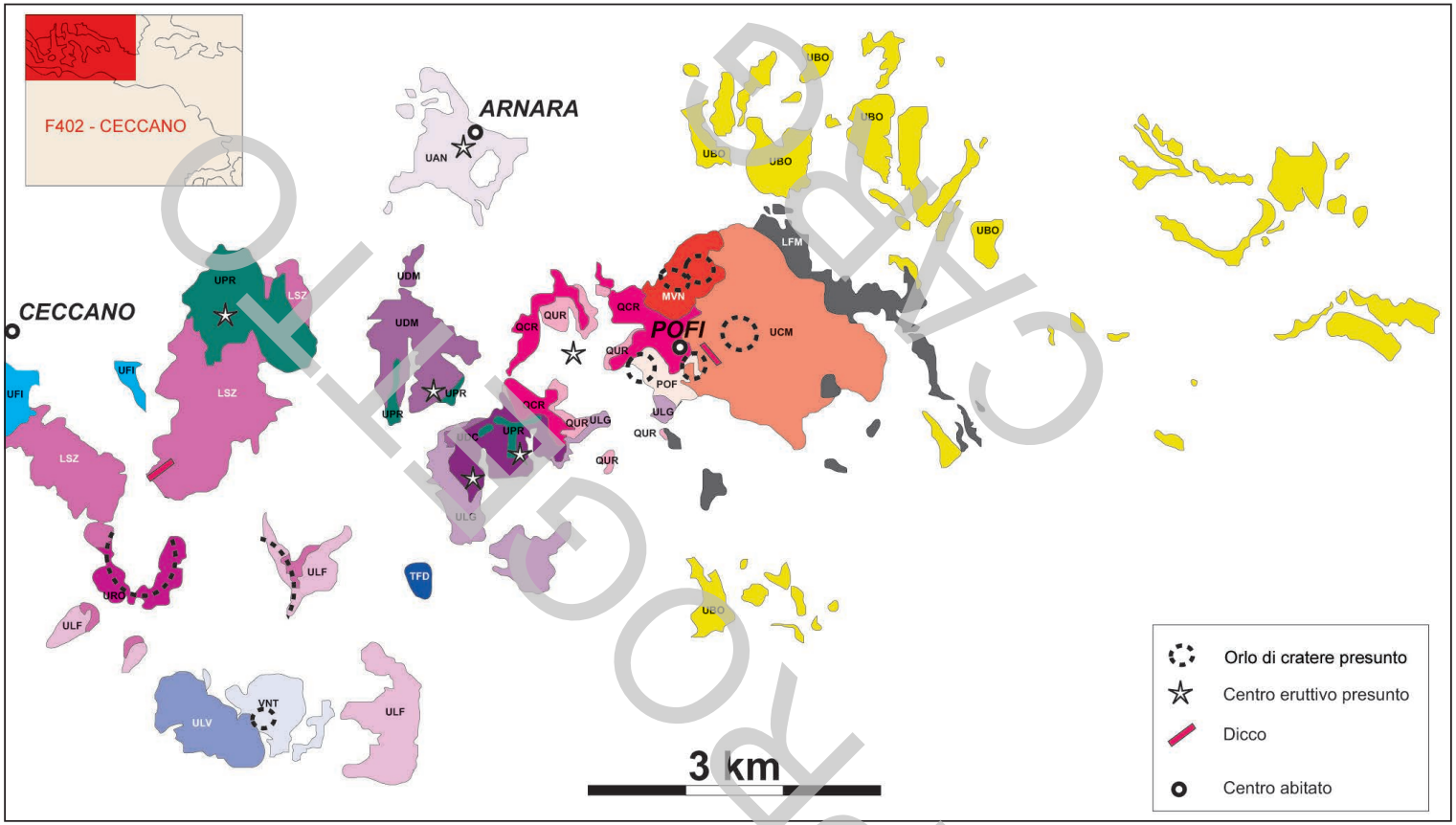
Zezi P. (1876) - *Osservazioni geologiche fatte nei dintorni di Ferentino e Frosinone nella Provincia di Roma.* Boll. R. Com. Geol., It., **7**, 360-388.

PROGETTO CARG



Tav. 1 - *Schema delle unità tettonico-stratigrafiche dell'Appennino centro settentrionale e della cronologia della deformazione*

PROGETTO

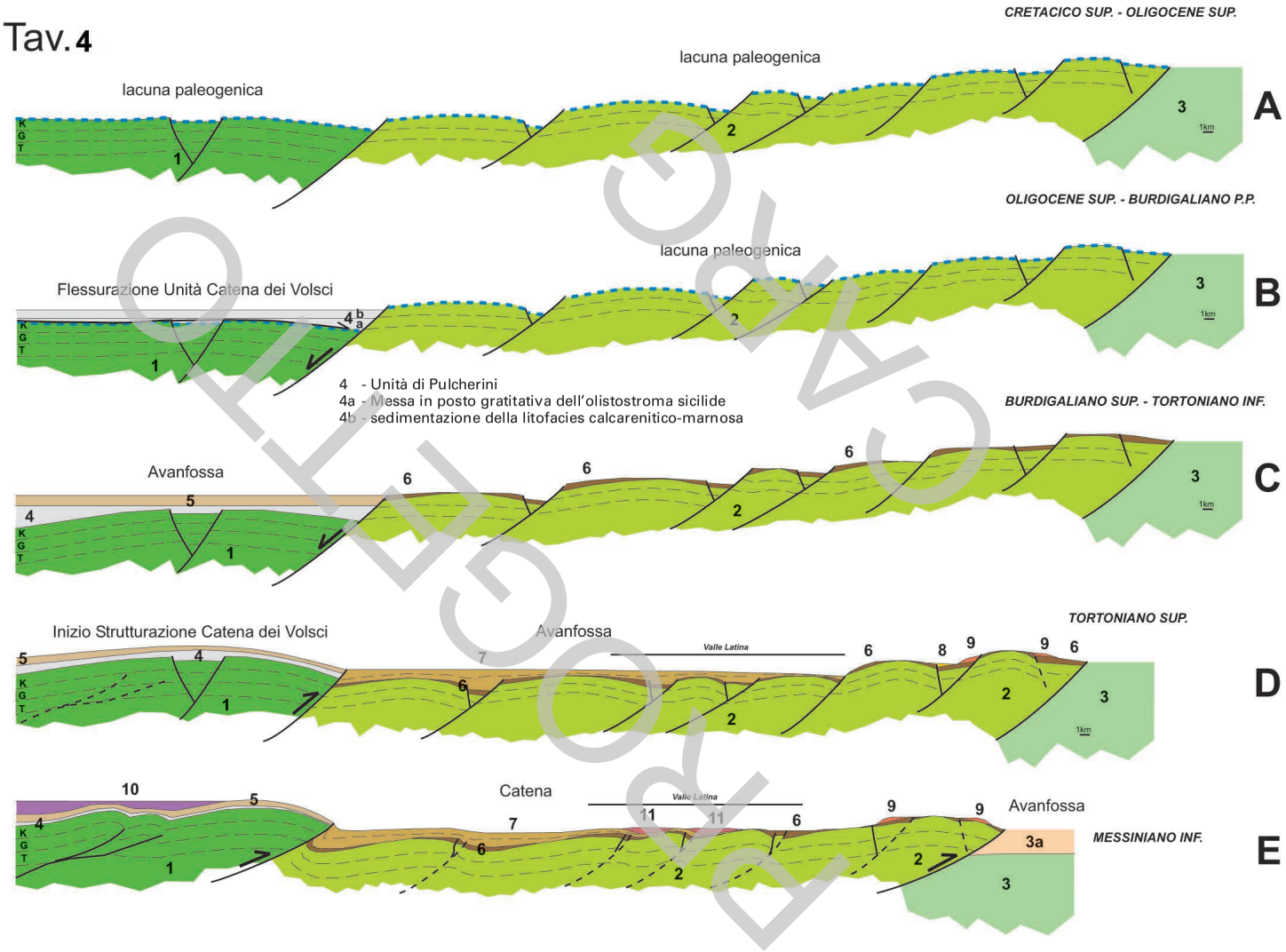


Tav. 2 - *Distribuzione delle vulcaniti e dei centri eruttivi riconosciuti nell'area Ceccano-Pofi (DistrettoVulcanico della Media Valle Latina)*

PROGETTO

14/10/15 09:10
note_402_Ceccano_09-2015.indd 188

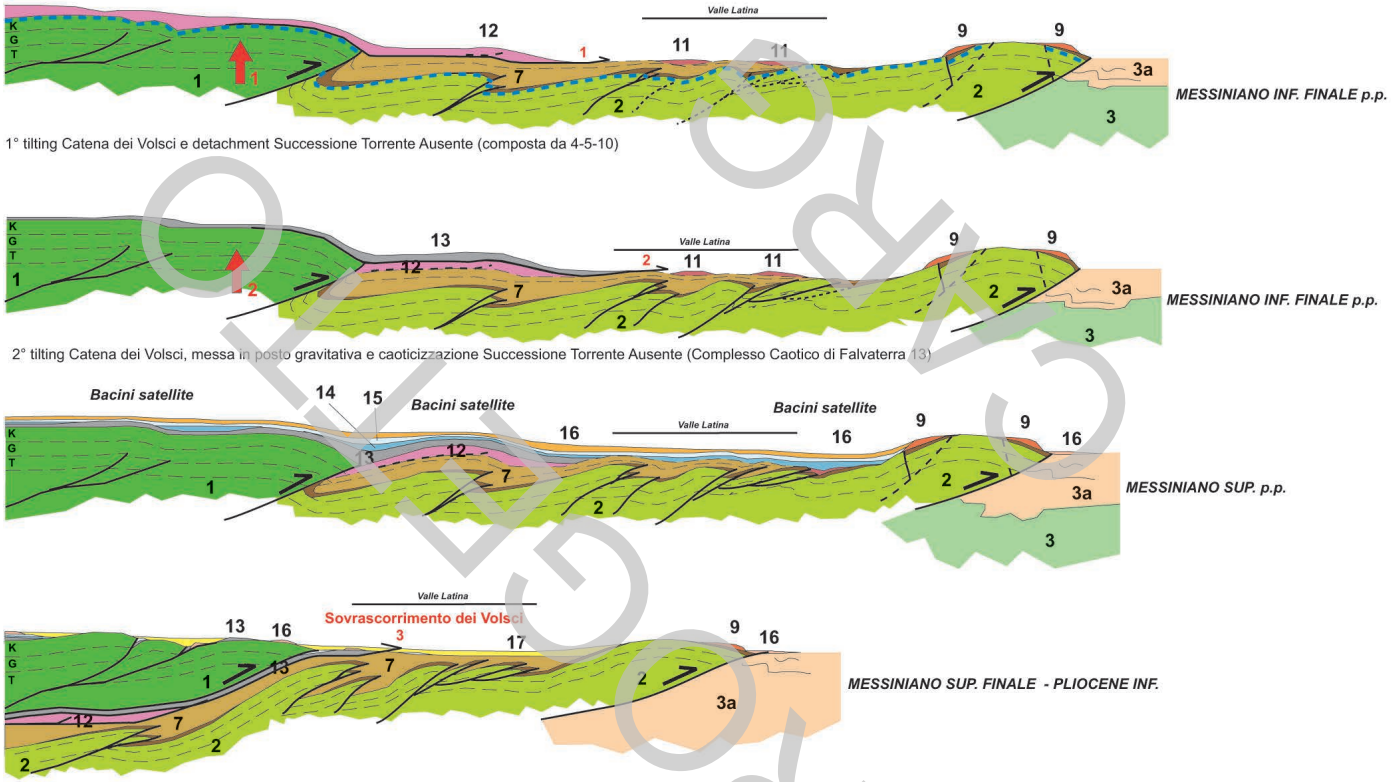
Tav. 4



PROGETTO CARG

14/10/15 09:10
note_402_Ceccano_09-2015.indd 189

Tav. 4 - continua



1° tilting Catena dei Volsci e detachment Successione Torrente Ausente (composta da 4-5-10)

2° tilting Catena dei Volsci, messa in posto gravitativa e caoticizzazione Successione Torrente Ausente (Complesso Caotico di Falvaterra 13)

Messa in posto definitiva della Catena dei Volsci suturata dalla deposizione della Formazione S. Ambrogio sul Garigliano (17)

Tav. 4 - Schema dell' evoluzione tettonico-sedimentaria del settore sud-occidentale dell'Appennino centrale p.p. dal Paleogene al Pliocene inferiore. 1) depositi mesozoici di piattaforma dell'Unità della Catena dei Volsci; 2) depositi mesozoici di piattaforma carbonatica dell'Unità Simbruino-Ernica; 3) depositi mesozoici di piattaforma dell'Unità Val Roveto-Marsica; 3a) depositi sinorogenici dell'Unità Val Roveto-Marsica; 4) Unità di Pulcherini; 5) Arenarie di Sollacciano; 6) Calcareniti a briozoi e litotamni - Unità argilloso-marnosa; 7) Formazione di Frosinone; 8) Argille a Robulus; 9) Brecce della Renga; 10) Argille della Madonna di Coriano; 11) Arenarie di Torrice; 12) Successione del Torrente Ausente composta da 4-5-10; 13) Complesso di Falvaterra; 14) Argille e gessi di Penitro - argille della cava di gesso; 15) Formazione di M. San Giovanni Campano argille di Lago-Mare) 16) Conglomerati di Colle Grande; 17) Formazione di S. Ambrogio sul Garigliano.

PROGETTO GRAFICO

14/10/15 09:10
note_402_Ceccano_09-2015.indd 190