



A P A T

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici



DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO
Servizio Geologico d'Italia
Organo cartografico dello Stato (legge. 68 del 2.2.1960)

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

foglio 278

PIEVE SANTO STEFANO

A cura di

V. Bortolotti¹, G. Mannori², G. Principi¹ e F. Sani¹

Contributi di:

R. Catanzariti³, V. Reale¹ (Analisi biostratigrafiche)

A. Di Giulio⁴ (Analisi petrografiche)

G. Vannucci⁵ (Sismicità)

¹ Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze

² c/o Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze

³ CNR - IGG Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa

⁴ Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia

⁵ INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Bologna

Ente realizzatore



**Consiglio Nazionale
delle Ricerche**

Direttore del Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia:
L. SERVA

Responsabile del Progetto CARG per il Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia: F. GALLUZZO

Responsabile del Progetto CARG per il CNR: P. MANETTI

PER IL DIPARTIMENTO DIFESA DEL SUOLO - SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

Revisione scientifica:

F. Capotorti, D. Delogu, C. Muraro, S. Nisio

Coordinamento cartografico:

D. Tacchia (coord.), S. Grossi

Revisione informatizzazione dei dati geologici:

L. Battaglini, V. Campo, R. M. Pichezzi (ASC)

Coordinamento editoriale e allestimento per la stampa:

D. Tacchia, S. Grossi

PER IL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE:

Allestimento editoriale e cartografico:

C. Papini - La Nuova Lito - Firenze

Allestimento informatizzazione dei dati geologici:

F. Burelli, A. Agnoloni

Informatizzazione e allestimento cartografico per la stampa da banca dati:

a cura di: GeoIn (Firenze) - La Nuova Lito (Firenze)

GESTIONE TECNICO-AMMINISTRATIVA DEL PROGETTO CARG:

M. T. Lettieri - Dipartimento difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia

P. Manetti - Consiglio Nazionale delle Ricerche

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

INDICE

I. - INTRODUZIONE	pag. 7
II. - CENNI STORICI	» 11
III. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	» 15
1. - DATI DI SOTTOSUOLO	» 21
IV. - CENNI DI GEOMORFOLOGIA	» 25
V. - STRATIGRAFIA	» 29
1. - SUCCESSIONE EPILIGURE	» 30
1.1. - GRUPPO DEL RENO	» 32
1.1.1 - <i>Brecce poligeniche del Sasso di Simone</i>	» 32
1.1.2 - <i>Formazione di Antognola</i>	» 33
1.2. - GRUPPO DEL MARECCHIA	» 34
1.2.1 - <i>Formazione di San Marino</i>	» 34
1.2.2 - <i>Formazione del Monte Fumaiolo</i>	» 35
<i>membro di Monte Aquilone</i>	
<i>membro di Vetta</i>	
2. - UNITÀ TETTONICHE LIGURI	» 38
2.1. - UNITÀ TETTONICA MORELLO	» 38
2.1.1 - <i>Formazione di Sillano</i>	» 38
2.1.2 - <i>Formazione di Villa a Radda</i>	» 39
2.1.3 - <i>Formazione di Monte Morello</i>	» 40
<i>Brecce di Cerbaiolo</i>	
<i>Brecce di basalto</i>	
<i>Brecce di serpentinite</i>	
<i>Brecce poligeniche</i>	
<i>Serpentiniti e Serpentiniti con filoni di gabbro</i>	
3. - UNITÀ TETTONICHE TOSCANE	» 44
3.1. - UNITÀ TETTONICA FALTERONA	» 44
3.1.1 - <i>Marne Varicolori di Villore</i>	» 44
3.1.2 - <i>Arenarie di Monte Falterona</i>	» 45
3.1.3 - <i>Formazione di Vicchio</i>	» 46

4. - UNITÀ TETTONICHE	
UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLE	47
4.1. - UNITÀ TETTONICA MONTE NERO	50
Subunità tettonica Monte della Zucca	
4.1.1 - <i>Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola</i>	51
<i>membro di Premilcuore</i>	
Subunità tettonica Monte dei Frati	
4.1.2 - <i>Bisciario</i>	51
4.1.3 - <i>Schlier</i>	52
4.1.4 - <i>Formazione Marnoso-Arenacea Umbra</i>	52
<i>membro di Casa Spertaglia</i>	
<i>membro di Monte Casale</i>	
<i>membro di Vesina</i>	
4.2. - UNITÀ TETTONICA PIETRALUNGA	54
4.2.1 - <i>Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola</i>	54
<i>membro di Biserno</i>	
<i>membro di Corniolo</i>	
<i>membro di Galeata</i>	
<i>membro di Montelabreve</i>	
<i>membro di Collina</i>	
<i>membro di Montecoronaro</i>	
4.2.2 - <i>Marne di San Paolo</i>	59
4.3. - UNITÀ TETTONICA CA' ROMANO	59
Subunità tettonica Ca' Raffaello	
4.3.1 - <i>Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola</i>	61
<i>membro di Civitella di Romagna</i>	
<i>membro di Castel del Rio</i>	
<i>membro di Borgo Tossignano</i>	
Subunità tettonica Sant' Angelo in Vado	
4.3.2 - <i>Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana</i>	63
<i>membro di Sant' Angelo in Vado</i>	
<i>litofacies di Campo</i>	
5. - DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI	63
5.1. - DEPOSITI DI FRANA	64
5.2. - COPERTURE DETRITICHE	65
5.3. - DEPOSITI ALLUVIONALI E LACUSTRI	66

VI. - TETTONICA	69
1 - INQUADRAMENTO	69
2 - STRUTTURE DELLE UNITÀ TETTONICHE TOSCANE E UMBRO MARCHIGIANO-ROMAGNOLE	70
3 - STRUTTURE DELLE UNITÀ TETTONICHE LIGURI E DELLA SUCCESSIONE EPIFIGURE	75
4 - RELAZIONI FRA LE STRUTTURE DELLE UNITÀ LIGURI E DELLE UNITÀ TOSCANE E UMBRO-MARCHIGIANO- ROMAGNOLE	76
5 - LA TETTONICA TRASVERSALE	77
6 - SISMICITÀ	78
VII. - ELEMENTI DI GEOLOGIA TECNICA E APPLICATA	83
1. - ATTIVITÀ ESTRATTIVE	83
2. - RISORSE IDRICHE	84
2.1. - BACINI ARTIFICIALI	84
3. - RISERVE NATURALI	85
3.1. - RISERVA NATURALE REGIONALE DEL SASSO DI SIMONE	85
3.2. - RISERVA NATURALE PROVINCIALE DELL' ALPE DELLA LUNA	86
3.3. - RISERVA BIOGENETICA STATALE DELLA FUNGAIA E RISERVA NATURALE DI POPOLAMENTO ANIMALE DELLO STATO DI FORMOLE	86
4. - MANIFESTAZIONI GASSOSE	86
5. - FRANE	87
BIBLIOGRAFIA	89

PROGETTO
CARGO

I - INTRODUZIONE

Il Foglio 278 Pieve Santo Stefano della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 è stato realizzato nell'ambito del Progetto CARG (legge 438/1995) tramite un Accordo di programma fra Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali (Servizio Geologico Nazionale) e Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Il coordinamento scientifico del Foglio è stato affidato a G. PRINCIPI; V. BORTOLOTTI e F. SANI sono stati i direttori del rilevamento rispettivamente per le Unità Liguri/Epiliguri e per quelle Toscane/Umbro-Marchigiano-Romagnole.

L'area del Foglio è compresa per la maggior parte nella Regione Toscana, una porzione del quadrante nord-occidentale nella Regione Emilia Romagna, la fascia settentrionale ed una porzione del quadrante sud-orientale nella Regione Marche; infine una piccola frazione, nell'estremo angolo sud orientale, nella Regione Umbria.

Per la realizzazione della nuova carta geologica sono stati utilizzati e debitamente revisionati, oltre ai rilievi della precedente cartografia ufficiale in scala 1:100.000 (Fogli 108 Mercato Saraceno e 115 Città di Castello) i rilevamenti effettuati nel corso degli ultimi anni: **a-** le carte alla scala 1:10.000 del Progetto "Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" realizzato dalla Regione Emilia-Romagna riguardanti la parte emiliana, rilevate da DE DONATIS (Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo 1:10.000 della Regione Emilia Romagna, Sez. 278010-278050 Verghereto-Valsavignone e Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo 1:10.000 della Regione Emilia Romagna, Sez. 278020-278060 Casteldelci-Pratieghi); **b-** la Carta geologica dei dintorni di Pieve S. Stefano, alla scala 1: 25.000 di BORTOLOTTI (1962); **c-** la carta alla scala 1:25.000 dell'area compresa tra Badia Tedalda e Auditore allegata alla Tesi di dottorato di POCCIANTI (1992); **d-** la carta geologico-strutturale

dell'area compresa tra Firenzuola e Bocca Trabaria, di BONINI *et alii* (1990), alla scala 1:100.000; **e**- lo schema geologico dell'Alta Val Marecchia di DE DONATIS (1993); **f**- la carta geologica dell'alta Val Marecchia di CONTI (1994), alla scala 1:50.000; **g**- la carta geologica alla scala 1:10.000 della zona di Pieve S. Stefano allegata alla Tesi di laurea di FIORE (1994); **h**- la carta alla scala 1:25.000 della zona compresa tra il Passo dei Mandrioli e Caprile, allegata alla tesi di laurea di BONINI (1990), ed infine, **i**- l'estremo lembo occidentale della carta geologica alla scala 1:25.000 del Montefeltro meridionale di DE FEYTER (1982, 1991)

I nuovi rilevamenti sono stati effettuati negli anni 1998-2000 da A. BABBINI, S. CORTI, G. MANNORI e N. TANINI, alla scala 1:10.000.

Il criterio di rilevamento adottato è litostratigrafico. Le formazioni affioranti, quando è risultato utile per una migliore comprensione della stratigrafia, sono state suddivise in membri e/o litofacies e, quando possibile, sono stati individuati e cartografati alcuni livelli guida.

Le unità torbiditiche arenacee affioranti nell'area del Foglio sono state rilevate secondo quanto indicato dalla Guida al rilevamento della Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (CNR-CCGG, 1992). In effetti, seguendo questi criteri, già ampiamente adottati anche nei fogli limitrofi (252, 253, 254, 265, 266, 277), si nota che a fronte della relativa uniformità rappresentativa della precedente edizione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, si ha una notevole articolazione non solo stratigrafica ma anche strutturale. Una maggiore differenziazione stratigrafica permette infatti di evidenziare anche molte strutture che altrimenti si perderebbero. A scala più generale questi criteri hanno la finalità di ricostruire in dettaglio l'articolazione dei depositi di avanfossa secondo i vari sistemi torbiditici (cfr. MUTTI, 1985, 1992; MUTTI & NORMARK, 1987). Dal punto di vista operativo la metodologia suggerita dalla Guida al rilevamento, che consenta da una lato di lavorare agevolmente in campagna e dall'altro permetta di identificare le litofacies e i membri che costituiscono un sistema torbiditico, consiste nel considerare:

- 1) Composizione litologica e tessitura delle arenarie;
- 2) Rapporti percentuali tra le litologie principali (rapporto arenaria/pelite);
- 3) Spessore e geometria degli strati;
- 4) Strutture interne e variazioni granulometriche negli strati;
- 5) Strutture erosive alla base degli strati;
- 6) Presenza e continuità di livelli guida.
- 7) Caratteri biostratigrafici (età e paleoambienti);
- 8) Composizione petrografica;

Quanto sopra permette di suddividere l'intera successione o complesso torbiditico in vari sistemi torbiditici. All'interno del sistema torbiditico possono esse-

re distinti stadi e sub-stadi torbiditici caratterizzati da omogeneità litologica e composizionale. Pertanto per la ricostruzione di tali porzioni di serie, a livello di cartografia geologica, vanno classificate le principali unità arenacee, arenaceo-pelitiche, pelitico-arenacee e pelitiche. La correlazione tra di loro può essere facilitata dalla presenza di strati guida che rappresentano di fatto delle linee tempo.

Il complesso e/o sistema torbiditico viene dunque ben individuato tramite:

- 1) La ricostruzione della geometria delle unità cartografate;
- 2) La determinazione del tipo di contatti e delle relazioni stratigrafiche tra le unità individuate;
- 3) La ricostruzione della forma, dimensioni e geometria del bacino;
- 4) L'individuazione delle superfici erosive a grande scala.

La nomenclatura delle diverse unità litostratigrafiche che sono state distinte in carta tiene conto, salvo alcune eccezioni, dei nomi utilizzati storicamente in letteratura, dei suggerimenti dei vari gruppi di lavoro del Comitato d'area per l'Appennino Settentrionale e delle codifiche del Servizio Geologico (AA. VV., 1976; PASQUARÉ *et alii*, 1992).

Per permettere un agevole confronto con la bibliografia riguardante il Foglio 278 e le aree circostanti, ad ogni formazione, quando possibile, sono state associate le principali sinonimie.

Durante il rilevamento sono state effettuate numerose campionature sia lungo sezioni stratigrafiche misurate che in affioramenti puntuali, per l'acquisizione di dati biostratigrafici, per i quali è stata utilizzata l'analisi dei nannofossili calcarei.

Per la datazione dei campioni tramite i nannofossili calcarei, eseguite da R. CATANZARITI e V. REALE, si è fatto riferimento ai seguenti schemi biostratigrafici: ROTH (1978) e SISSINGH (1978) per il Cretacico, MARTINI (1971) per il Paleocene-Eocene, CATANZARITI *et alii* (1997) per le biozone MNP23 ed MNP24 (Rupeliano-Chattiano inferiore), FORNACIARI & RIO (1996) per l'intervallo compreso tra le sottobiozone MNP25a (Chattiano) e la MNN4a (Burdigaliano-Langhiano), FORNACIARI *et alii* (1996) per l'intervallo compreso tra la sottobiozona MNN4b (Langhiano) e la biozona MNN9 (Tortoniano).

Per quanto riguarda la petrografia, le analisi, condotte da A. DI GIULIO, si sono concentrate sulle areniti con particolare riguardo a quelle oligo-mioceniche delle Unità Toscane e Umbro-Marchigiano-Romagnole. Le analisi modali sono state condotte mediante conteggio per punti al microscopio ottico su sezioni sottili standard, al fine di caratterizzare tutti i componenti della roccia (analizzando almeno 200 grani per ciascun campione), e i grani litici a tessitura fine dell'osatura (analizzando fino a 100 grani o fino alla copertura dell'intera sezione). Il conteggio è stato effettuato secondo le modalità proposte da DI GIULIO & VALLONI (1992) e CIBIN & DI GIULIO (1996).

La legenda del Foglio è impostata per unità tettoniche, a partire da quella strutturalmente più alta. In ogni unità tettonica è presente una sola successione stratigrafica. I termini **Unità** e **Subunità** sono sempre nella accezione di **Unità tettonica** e **Subunità tettonica**.

Rispetto alla precedente cartografia ufficiale, in scala 1:100.000, il presente lavoro si differenzia per una più accurata risoluzione tettonica e stratigrafica, dovuta principalmente al maggior dettaglio della scala di rilevamento, ed alle nuove tecniche di analisi litologica e micropaleontologica. L'insieme di questi fattori ha consentito di approfondire la definizione litologica e cronologica specialmente in alcuni "contenitori storici" come la Formazione Marnoso-Arenacea o la Formazione di Sillano cui afferivano, senza distinzioni, litofacies molto diverse fra loro.

II - CENNI STORICI

I Fogli 108 Mercato Saraceno e 115 Città di Castello della seconda edizione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, e le relative note illustrative (RUGGIERI, 1970 e JACOBACCI *et alii*, 1970), rappresentano la sintesi delle conoscenze geologiche, aggiornate al 1970, dell'ampio settore appenninico nel quale è compresa l'area del Foglio 278 Pieve Santo Stefano. Sebbene per una disamina critica e accurata della bibliografia geologica antecedente al 1970, si debba necessariamente fare riferimento alle sopracitate note illustrative, è doveroso accennare in questa sede a quali fossero i problemi geologici maggiori dell'area sui quali si concentrarono le ricerche degli studiosi nel passato. Un primo aspetto fondamentale riguardava l'allocaltonia delle coltri liguri, che venivano considerate una serie unica con le sottostanti unità arenacee. Gli studi di SIGNORINI (1940, 1946) dimostrarono la reale situazione di sovrapposizione tettonica, che MERLA (1951) fece propria, mentre l'accurato lavoro di RUGGIERI (1958) portò un grande contributo alle conoscenze della stratigrafia e cronologia delle formazioni alloctone della "Colata della Val Marecchia". BORTOLOTTI (1962) mise in evidenza la posizione delle rocce ofiolitiche come olistoliti e olistostromi entro e alla base della Formazione di Monte Morello.

Un secondo aspetto importante riguarda l'età delle formazioni torbiditiche delle unità Toscane e Umbro-Romagnole, che prima degli studi micropaleontologici erano riferite all'Eocene. Studi di dettaglio di Signorini (1940, 1946), Passerini (1958), Nocchi e Catinelli (1964) riferirono correttamente l'età delle formazioni affioranti all'intervallo Oligocene superiore-Miocene inferiore.

Successivamente al rilevamento e alla pubblicazione delle carte geologiche e delle note illustrative della seconda edizione della Carta Geologica d'Italia, il settore appenninico coperto dall'area del Foglio 278 Pieve Santo Stefano non è stato oggetto di molti lavori di dettaglio di stratigrafia, specialmente per quanto

riguarda le Unità Liguri e la Successione Epiligure.

Dopo i cenni sulla stratigrafia di Unità Liguri ed Epiliguri di tutta l'area della "Colata della Val Marecchia" di VENERI (1986) - che riportano senza grandi modifiche i dati di BORTOLOTTI (1962) e RUGGIERI, (1970) - e che sono stati ripresi da CENTAMORE & MICARELLI (1991), è negli anni '90 che torna l'interesse per l'insieme Liguridi-Epiliguridi dell'area Pieve S. Stefano - Val Marecchia.

DE FEYTER (1991) riporta un'accurata descrizione delle successioni Ligure ed Epiligure.

PONZANA (1993) ha studiato la sedimentologia e la petrografia della Formazione di Monte Morello in tutta la sua area di affioramento, dalle zone più occidentali (Chianti e dintorni di Firenze e Prato) fino alla Val Marecchia, riconoscendovi porzioni caratteristiche comuni a tutta l'area. In particolare vengono studiate le torbiditi arenacee, in cui vengono distinte quattro petrofacies, silico-clastiche, ibride, intrabacinali e ofiolitiche.

Nelle note illustrative che accompagnano la carta geologica dell'alta Val Marecchia alla scala 1:50.000, CONTI (1994) riconosce che nella "Colata della Val Marecchia" le Liguridi sono rappresentate dal solo Supergruppo della Calvana con alla base la Formazione di Villa a Radda. Queste, aptiane alla base, sostituiscono a luoghi completamente la Formazione di Sillano, spingendosi in alto fino all'Eocene inferiore, alla base della Formazione di Monte Morello. La Formazione di Sillano viene suddivisa in tre litofacies, in cui si alternano variamente argilliti varicolori, calcari e calcari marnosi, e arenarie calcaree, appartiene al Cretacico superiore - Eocene inferiore. Questa formazione viene a sua volta a luoghi sostituita, nella sua parte superiore, dalla Formazione di Pugliano (Cretacico sommitale - Eocene inferiore), in cui sono presenti abbondanti calca-reniti. Queste tre formazioni costituiscono, secondo Conti (1994), il "Complesso di base" della Formazione di Monte Morello (Eocene medio-inferiore).

Alla base della Formazione di Monte Morello sono associati (BORTOLOTTI, 1962) olistostromi (le breccie) ed olistoliti (le masse serpintinitico-gabbriiche anche di km cubi) i cui elementi nell'insieme richiamano le formazioni del Supergruppo del Vara (ABBATE *et alii*, 1970). Le prime caratterizzazioni petrologiche di queste ofioliti sono state fornite da BRUNACCI *et alii* (1976).

BETTELLI *et alii* (1994) nell'area del Sasso di Simone, riconoscono le Argille Varicolori e la Formazione di Pugliano, che le sostituisce lateralmente. Una particolare attenzione viene data alle intense deformazioni interne della prima formazione.

FIORE (1994) fornisce una nuova cartografia della zona di Pieve S. Stefano con alcune novità strutturali nelle liguride (megasinclinale di Pieve S. Stefano) ed alcune novità sulla petrologia delle ofioliti.

Per quanto riguarda la Successione Epiligure, AMOROSI (1992) correla la successione Formazione di San Marino - Formazione del Monte Fumaiolo con la

Formazione di Bismantova delle aree più occidentali.

CASAGLI *et alii* (1993, 1994) studiando le deformazioni gravitative profonde nelle placche epiliguri del M. Fumaiolo, del Sasso di Simone e del M. Simoncello, descrivono le successioni liguri ed epiliguri e interpretano il corpo di breccie interposto tra le due successioni (“Argille Varicolori della Val Marecchia” e Formazione di San Marino) come un olistostroma miocenico alla base della successione epiligure, analogo alle “breccie argillose poligeniche” di BETTELLI & PANINI (1991) dell’Appennino Modenese.

Anche BETTELLI *et alii* (1994) propongono che le breccie poligeniche che affiorano alla base della Formazione di San Marino nell’area del Sasso di Simone corrispondano alle breccie che nel versante padano dell’Appennino costituiscono la base della Successione epiligure e non facciano parte delle Unità Liguri come “Complesso caotico”. Si tratterebbe di breccie poligeniche deposte in discordanza sulle Argille Varicolori già deformate. L’età rimane incerta: compresa tra l’Eocene inferiore e il Burdigaliano.

Per l’interpretazione generale del significato, delle modalità e dei tempi di messa in posto della “Colata della Val Marecchia” si può fare riferimento, per lavori successivi agli anni ’70, a VENERI (1986), CAPUANO *et alii* (1987) e CONTI *et alii* (1987), mentre un’analisi strutturale mesoscopica dei terreni neogenici sedimentati sulla Colata si trova in MANNORI & SANI (1987).

Relativamente alle Unità Toscane e Umbro-Marchigiano-Romagnole, sono molti i lavori che hanno interessato l’area del Foglio dagli anni settanta in poi, sia per quanto concerne gli aspetti stratigrafici che quelli sulla tettonica e la geologia strutturale. Riguardo ai primi sono da segnalare gli studi effettuati nell’ambito dei rilevamenti della “Carta Geologica dell’Appennino Emiliano-Romagnolo” realizzata dalla Regione Emilia-Romagna, che interessano la parte emiliana (DE DONATIS, 1995a, 1995b). Tali studi, sulla base di estesi rilevamenti effettuati nelle aree circostanti, riportano una dettagliata ripartizione in membri della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola e delle soprastanti Marne di Verghereto *Auctt.*, che in parte è stata adottata anche in questo Foglio. Tale ripartizione è stata affiancata da uno studio biostratigrafico che ha portato ad una ridefinizione cronologica di queste formazioni (DELLE ROSE *et alii*, 1991; BALOGH *et alii*, 1993). PIZIOLO & RICCI LUCCHI (1991), DE DONATIS (1993), SERRANO *et alii*, (1993) e DELLE ROSE *et alii* (1994) hanno rivisto in dettaglio la stratigrafia della Formazione di Vicchio.

Lavori a carattere più generale, relativi oltre che a rilievi stratigrafici anche a interpretazioni strutturali, sono quelli di TEN HAAF & VAN WAMEL (1979); DE FEYTER (1982; 1991), DE FEYTER *et alii* (1986), DELLE ROSE *et alii* (1990, 1991), COSTA *et alii* (1991), DE DONATIS (1992), PLESI *et alii* (2002). In quest’ultimo lavoro, che deriva dai rilievi effettuati dagli autori nel corso del rilevamento del Foglio 289 Città di Castello, vengono fatte ipotesi stratigrafiche sull’articolazio-

ne delle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole che si riflettono anche sul Foglio in esame, come verrà meglio specificato in seguito.

Lavori a carattere prevalentemente strutturale relativi all'analisi cinematica dei sistemi a *thrust* che interessano sia le Unità Toscane che quelle Umbro-Romagnole sono quelli di BONINI (1990), SANI (1990a, 1990b), BOCCALETTI *et alii* (1992), POCCIANTI (1992), BENDKIK *et alii* (1994). In questi lavori, oltre ad una reinterpretazione di alcune strutture, viene anche presentata un'analisi strutturale di dettaglio per la caratterizzazione cinematica delle stesse, nonché una cronologia relativa delle fasi compressive succedutesi nel tempo, dalla prima messa in posto degli accavallamenti alla situazione attuale. Vengono infatti segnalate strutture riattivate e fuori sequenza a tutte le scale.

Infine l'area del Foglio è attraversata in senso SW-NE da un lineamento trasversale d'importanza regionale, noto in letteratura come Linea Follonica-Rimini (BOCCALETTI *et alii*, 1977) o Grosseto-Marecchia (FAZZINI & GELMINI, 1982) o Arbia-Marecchia (LIOTTA, 1991). Come verrà meglio specificato nel capitolo relativo alla tettonica, sebbene esso coincida in superficie con una fascia nella quale si concentrano in gran numero faglie trasversali e varie complicazioni tettoniche, tuttora non è chiara né la cinematica della linea trasversale né il suo significato a scala regionale.

L'area del Foglio è anche attraversata, dal Passo di Verghereto a Pieve Santo Stefano, Badia Tedalda e Ca' Raffaello, dall'itinerario n. 12 della Guida Geologica Regionale "Appennino Tosco-emiliano" (BORTOLOTTI, 1992), che vi dedica sei stop, con la descrizione di affioramenti delle Unità Liguri, Toscane e Umbro- Marchigiano - Romagnole.

III - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

La Catena Appenninica (Fig. 1), è il risultato della chiusura di un oceano (la Tetide occidentale), formatosi nel Giurassico tra la Placca Europea e la Placca Africana, della successiva deformazione dei suoi resti (Liguridi) e dei suoi margini continentali. L'evoluzione tettonico-sedimentaria che ha portato all'attuale assetto geologico-strutturale è avvenuta in varie fasi, a partire dal Triassico, ed è strettamente connessa all'evoluzione della Tetide occidentale dalla sua formazione alla sua chiusura, con la formazione delle catene Appenninica, Alpina e Dinarico-Ellenica (BORTOLOTTI & PRINCIPI, 2005, *cum bib.*).

Nel Triassico medio le prime fasi tettoniche sono riconducibili al vasto sistema di *rifting* della crosta continentale della Pangea, che porterà alla sua divisione in due supercontinenti: la Laurasia a nord ed il Gondwana a sud. Nelle aree in cui in seguito si svilupperanno gli orogeni Alpino ed Appenninico l'apertura dell'oceano porterà alla formazione delle due placche, europea e africana. Inizialmente tra le due placche si forma un mare epicontinentale non molto profondo a cui segue, dal Giurassico inferiore-medio, la formazione di bacini oceanici. Per quanto riguarda l'area appenninica si tratta del Bacino Ligure-Piemontese (ABBATE *et alii*, 1980; BORTOLOTTI & PRINCIPI, 2005, *cum bib.*). Dal Cretacico superiore iniziano le fasi di convergenza tra i margini continentali delle due placche, con la creazione di una zona di subduzione che porta, nell'Eocene superiore, alla completa consunzione dell'Oceano e alla conseguente collisione continentale tra il Blocco Sardo-Corso che rappresenta il margine europeo, e la placca Adriatica, che rappresenta, probabilmente, un promontorio di quella africana (PRINCIPI & TREVES, 1984, *cum bib.*; BORTOLOTTI *et alii*, 2001b, *cum bib.*; FINETTI *et alii*, 2005, *cum bib.*)

Dal punto di vista paleogeografico è dunque possibile distinguere un dominio oceanico ed un dominio continentale. Nel dominio oceanico si imposta, a

partire dal Giurassico medio-superiore, al di sopra di una crosta oceanica, costituita da peridotiti serpentizzate, gabbri e basalti, la sedimentazione pelagica silicea (Diaspri di Monte Alpe) e, successivamente, calcarea (Calcari a Calpionella) e argilloso-calcarea (Argille a Palombini) che costituirà il substrato comune dei sedimenti torbiditici Cretacico superiore-eocenici delle varie Unità Liguri *s.l.* (PRINCIPI *et alii*, 2004, *cum bib.*). Nel dominio continentale (margine occidentale della Placca Adriatica) fin dal Triassico medio, si depositano successioni tipiche di un margine passivo (PRINCIPI & TREVES, 1984; PRINCIPI *et alii*, 2004). Tali successioni vengono generalmente denominate “Toscane” e “Umbro-Marchigiane” sulla base della distribuzione geografica delle unità tettoniche di appartenenza (FERRINI *et alii*, 1985; CENTAMORE & DEIANA, 1986; FAZZUOLI & SGUAZZONI, 1986; FAZZUOLI *et alii*, 1998). Questo margine diventa attivo negli ultimi stadi della convergenza Europa (Corsica)-Adria (Appennino Settentrionale), in età oligo-miocenica. Durante le fasi collisionali, sulle Unità Toscane giungono le Unità Liguri, già impilate le une sulle altre; successivamente le Unità Toscane e la sovrastante pila delle Liguridi si sovrappongono alle Unità Umbro-Marchigiane più occidentali. I meccanismi che hanno prodotto questo complesso edificio strutturale, composto da una pila di unità tettoniche di origine continentale sormontata da unità di origine oceanica sono probabilmente una serie di successivi sottoscorrimenti legati inizialmente ad una zona di subduzione oceanica la cui immersione non è univocamente interpretata: alcuni autori sostengono che sia inizialmente immersa ad est, e che successivamente inverta la propria immersione (vedi BOCCALETTI *et alii*, 1980; FINETTI *et alii*, 2001, *cum bib.*); altri che essa sia fin dall’inizio immersa verso ovest (vedi ABBATE *et alii*, 1980; TREVES, 1984; PRINCIPI & TREVES, 1984; BORTOLOTTI *et alii*, 2001b). Successivamente nelle fasi collisionali ensialiche tutti gli autori concordano per una vergenza verso est con inclinazioni verso ovest dei maggiori thrust crostali (BOCCALETTI *et alii*, 1980; PRINCIPI & TREVES, 1984; BALLY *et alii*, 1986; BARCHI *et alii*, 1998; BORTOLOTTI *et alii*, 2001a, 2001b; FINETTI *et alii*, 2001; 2005). Tali processi hanno portato alla costruzione dell’attuale edificio orogenico dell’Appennino Settentrionale.

Fasi più tardive di tipo prevalentemente gravitativo faranno poi giungere le coltri liguri sulle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole più esterne (vedi CONTI *et alii*, 1987; CERRINA FERONI *et alii*, 2001).

Durante l’avanzamento delle Unità Liguri verso est - nord-est, su di loro si depongono in discordanza le Successioni Epiliguri. Queste affiorano prevalentemente nel settore nord-orientale dell’Appennino Settentrionale, dove le Unità Liguri costituiscono una copertura molto estesa. Più a sud, in Toscana ed in Umbria e Marche, gli affioramenti delle Unità Liguri e della Successione Epiligure sono presenti ma discontinui e sporadici.

Nel Foglio 278 è possibile osservare alcuni degli aspetti più salienti e carat-

teristici delle fasi terziarie dell'evoluzione della catena sopra delineate (Fig. 1b). Sono infatti ben esposti gli accavallamenti tra le Unità Toscane e le Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole, i loro rapporti con le Unità Liguri sovrastanti e i fenomeni di rimobilizzazione gravitativa che caratterizzano il fronte della catena ("Colata della Val Marecchia" *Auctt.*).

In particolare l'area del Foglio è caratterizzata dalla presenza delle Unità Liguri qui rappresentate dalla sola Unità Morello (costituita dalle Formazioni di Villa a Radda, di Sillano e di Monte Morello, Fig. 2). Questa unità attraversa trasversalmente, in senso SW-NE, l'area del Foglio e occupa prevalentemente il settore settentrionale. I rapporti con le Unità Toscane e Umbro-Marchigiano-Romagnole sono di natura tettonica sia per sovrascorrimento che per faglie ad alto angolo, a cinematica normale o trascorrente. Le Unità Liguri affioranti nel Foglio come già detto, fanno parte della cosiddetta "Colata della Val Marecchia". Nei settori sud occidentali esse sono presenti nei dintorni di Pieve S. Stefano, e nei Monti Rognosi immediatamente a sud del Foglio. Nel settore centrale tra Badia Tedalda e Verghereto le unità Liguri costituiscono la parte meridionale della sinclinale di San Piero in Bagno, mentre a NE esse rappresentano i settori più interni della "Colata" propriamente detta. Relativamente all'età di messa in posto, essa viene riferita all'intervallo Tortoniano Superiore - Pliocene inferiore, in quanto frammenti delle Successioni Liguri (olistoliti ed olistostromi) si trovano intercalate a vari livelli in formazioni di queste età (Ruggieri, 1958, 1970). Ciò porta dunque a ritenere che la messa in posto delle Unità Liguri sia successiva a quella dell'impilamento delle Unità Toscane e Umbro-Marchigiano-Romagnole, sebbene non si possano escludere rimobilizzazioni anche più recenti.

Le Unità Toscane sono rappresentate esclusivamente dall'Unità Falterona che costituisce una unità intermedia tra la Falda Toscana *Auctt.* e le Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole. L'Unità Falterona è qui rappresentata dalle Marne Varicolori di Villore che ne costituiscono il livello di scollamento, dalle Arenarie del Monte Falterona, e dalla Formazione di Vicchio. Anche quest'ultima risulta frequentemente scollata dal suo substrato stratigrafico e si ritrova in lembi a SE di Verghereto e presso Badia Tedalda, interposta tra le Unità Liguri al tetto e quelle Umbro-Marchigiano-Romagnole alla base.

Il sovrascorrimento tra l'Unità Falterona e quelle Umbro-Marchigiano-Romagnole è frequentemente marcato dalla presenza nell'unità sovrascorrente delle Marne Varicolori di Villore, ed è caratterizzato da una ben sviluppata sinclinale di muro, in genere rovescia, che si forma al di sotto della superficie di accavallamento. Frequentemente si forma anche un'anticlinale di tetto. Nell'insieme questo stile plicativo è noto come stile "romagnolo" perché appunto caratterizza quelle aree.

La struttura generale delle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole è caratterizzata anch'essa da thrust e pieghe associate, sia anticlinali di tetto che sincli-

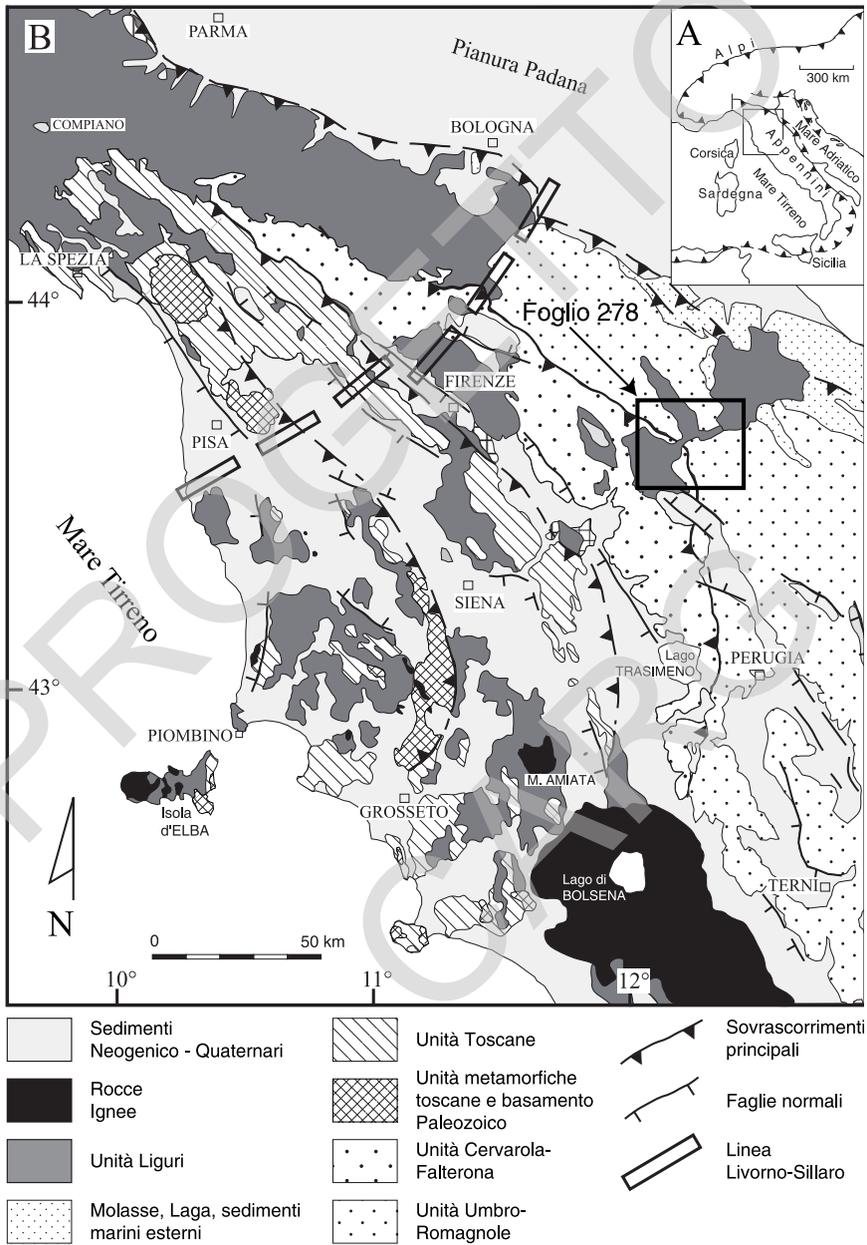


Fig. 1 - Ubicazione del Foglio 278- Pieve Santo Stefano nell'ambito dell'Appennino settentrionale.

nali di muro. Nel settore appenninico considerato la successione Umbro-Marchigiano-Romagnola è rappresentata dalle formazioni alla base della Formazione Marnoso-Arenacea, il Bisciario e lo Schlier, affioranti in ristrette fasce sub-parallele al thrust delle Unità Toscane. La complessa articolazione stratigrafica della Formazione Marnoso-Arenacea ha consentito il riconoscimen-

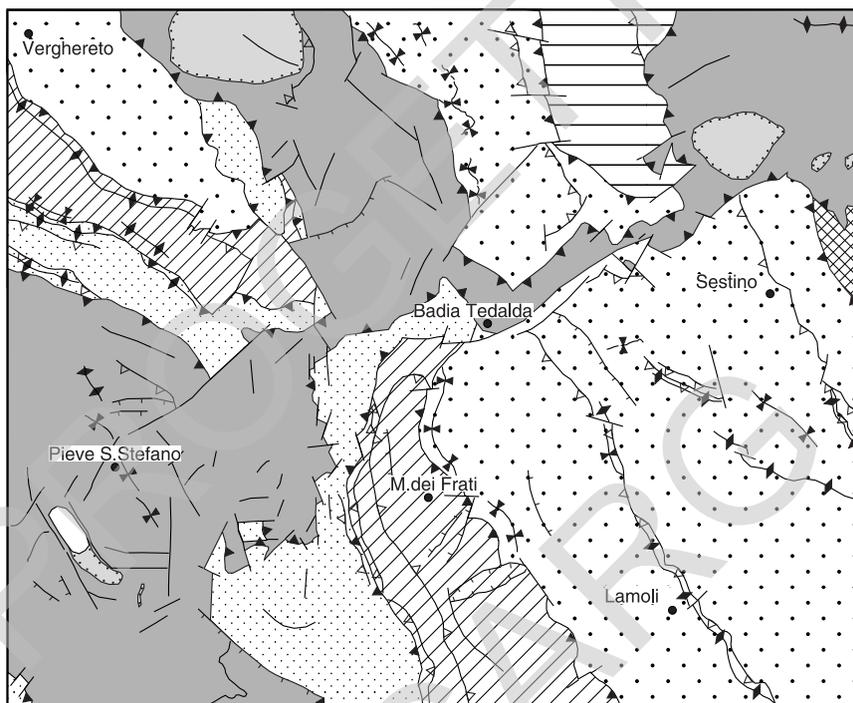


Fig. 2 - Schema tettonico del Foglio 278 Pieve Santo Stefano. Per semplicità sono indicate le strutture più significative e le unità tettoniche principali, mentre non sono stati riportati i depositi quaternari.

to, la suddivisione e la mappatura in carta di membri e litofacies. Tuttavia, l'ubicazione del Foglio, a cavallo di quattro regioni (Toscana, Emilia-Romagna, Marche e Umbria) non ha consentito di uniformare la definizione dei membri stessi: ha portato al contrario alla distinzione di tre diverse Formazioni Marnoso-Arenacea rispettivamente Romagnola, Marchigiana e Umbra, solo localmente giustificate da reali differenze litologiche. Esse caratterizzano comunque ben definite unità tettoniche, la cui delimitazione è anche favorita dalla presenza delle Unità Liguri che suddividono trasversalmente il Foglio. Partendo dalle posizioni più interne, immediatamente a contatto con le unità Toscane, è stato possibile definire una prima unità tettonica denominata di Monte Nero, suddivisa in due subunità: la Subunità Monte della Zucca a nord e la Subunità Monte dei Frati a sud. La ripartizione in queste due subunità si è resa necessaria in quanto i loro rapporti non sono visibili: a nord della Colata della Val Marecchia. La Subunità Monte dei Frati, caratterizzata dalla presenza della Formazione Marnoso-Arenacea Umbra, si prolunga a nord fin quasi a Badia Tedalda, dove scompare sotto le Unità Liguri. La Subunità Monte della Zucca si estende dall'area di Colorio verso NW fino al margine occidentale del foglio.

L'unità tettonica sottostante, denominata Unità Pietralunga, occupa la gran parte del Foglio; di questa fa parte la Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola qui presente con molti dei suoi membri più tipici: Membri di Biserno, di Corniolo, di Galeata, di Collina e di Montecoronaro. Al tetto la Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola è sormontata stratigraficamente dalle Marne di San Paolo, corrispondenti alla parte alta della Marne di Verghereto *Auctt.* Questa unità presenta al suo interno numerose deformazioni come pieghe, in genere associate a *thrust*, e faglie, anche ad alto angolo, frequentemente trasversali rispetto al *trend* appenninico, che dislocano gli accavallamenti. Specialmente nei pressi delle Unità Liguri nel settore centrale del Foglio, le faglie ad alto angolo trasversali sono più frequenti, presentano una maggiore continuità di affioramento e in genere esse costituiscono, in quest'area, il contatto tettonico tra le Unità Liguri e quelle Umbro-Marchigiano-Romagnole. Sarebbero questi i risentimenti superficiali della linea trasversale profonda Arbia-Val Marecchia (vedi oltre).

Nel settore nord-orientale del Foglio è presente un'altra unità tettonica che costituisce quella strutturalmente più profonda nell'area. Questa unità, denominata Unità Cà Romano è stata suddivisa in due subunità: la Subunità Cà Raffaello e la Subunità Sant'Angelo in Vado. Esse presentano una posizione strutturale analoga, in quanto sono sormontate tettonicamente dall'Unità Pietralunga. Tuttavia non è possibile conoscere i rapporti reciproci tra queste due subunità dal momento che esse sono ricoperte tettonicamente e separate dalle porzioni più interne della Colata della Val Marecchia. In particolare la Subunità Sant'Angelo in Vado è caratterizzata dalla presenza della Fm Marnoso-Arenacea Marchigiana, qui rappresentata dal Membro di Sant'Angelo in Vado e dalla litofacies di Campo.

Questa formazione è stata introdotta sulla base della sua estensione nel limitrofo Foglio 279 Urbino e affiora solamente in un piccolo settore lungo il margine est del Foglio. L'Unità Cà Raffaello invece è costituita esclusivamente dalla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola, qui rappresentata da alcuni dei suoi membri della porzione superiore e più recente: il membro di Civitella di Romagna, il membro di Castel del Rio, e il membro di Borgo Tossignano.

Come accennato sopra, il fatto che sia l'Unità Monte Nero che l'Unità Cà Romano siano state considerate due distinte subunità, e che si abbiano le subunità Monte della Zucca e Cà Raffaello a nord e Monte dei Frati e Sant'Angelo in Vado a sud della Colata della Val Marecchia, potrebbe consentire l'ipotesi che la linea trasversale che passa attraverso il Foglio (Linea Follonica-Rimini: BOCCALETTI *et alii*, 1977; o Grosseto-Marecchia: FAZZINI & GELMINI, 1982; o Arbia-Marecchia: LIOTTA, 1991), assuma un ruolo importante nel condizionare la sedimentazione nell'avanfossa Umbro-Marchigiano-Romagnola e nel localizzare la deformazione successiva, come già ipotizzato da Ricci Lucchi (1981).

Per quanto riguarda i depositi più recenti, del Quaternario, essi consistono prevalentemente in estese coperture detritiche e depositi di frana. Come si può notare da una rapida osservazione della carta, tali depositi sono particolarmente abbondanti sulle Unità Liguri in quanto le litologie marnose e argillose favoriscono l'innescarsi di movimenti franosi e la formazioni di coltri eluviali e colluviali. Da un punto di vista geografico questi depositi si concentrano quindi nel settore sud occidentale e nord orientale. In quest'ultimo settore sono da segnalare gli estesi movimenti franosi ed i relativi depositi che si diramano dal Sasso di Simone e dal Monte Simoncello e che si estendono in un intorno di alcuni chilometri. Si tratta di fenomeni ben conosciuti (CASAGLI *et alii*, 1993, 1994), sui quali torneremo in seguito per una descrizione più dettagliata.

Tra i depositi quaternari è infine da segnalare la piccola conca lacustre di San Cassiano, posta a circa 3 km a ovest di Pieve Santo Stefano. Si tratta di un piccolo bacino lacustre intermontano i cui depositi, male affioranti, sono stati riferiti al Pleistocene superiore per il ritrovamento di una industria litica databile all'Aurignaziano (MORONI LANFREDINI & RONCHITELLI, 2000). Dato però che l'orizzonte datato si trova al tetto delle argille lacustri il cui spessore è di almeno 60-70 m, non è possibile escludere che la porzione basale possa essere riferibile al Pleistocene medio.

1 - DATI DI SOTTOSUOLO

Nell'area del Foglio 278 è stato perforato dall'AGIP, nel 1984, un pozzo profondo per ricerca di idrocarburi (Fig. 3). Il pozzo, posto a quota 569 m s.l.m. e denominato Pieve Santo Stefano 1 (lat. 43° 39' 17" N; long 12° 00' 57" E), ha raggiunto una profondità di 4936 m (T.D.) e presenta una stratigrafia interessan-

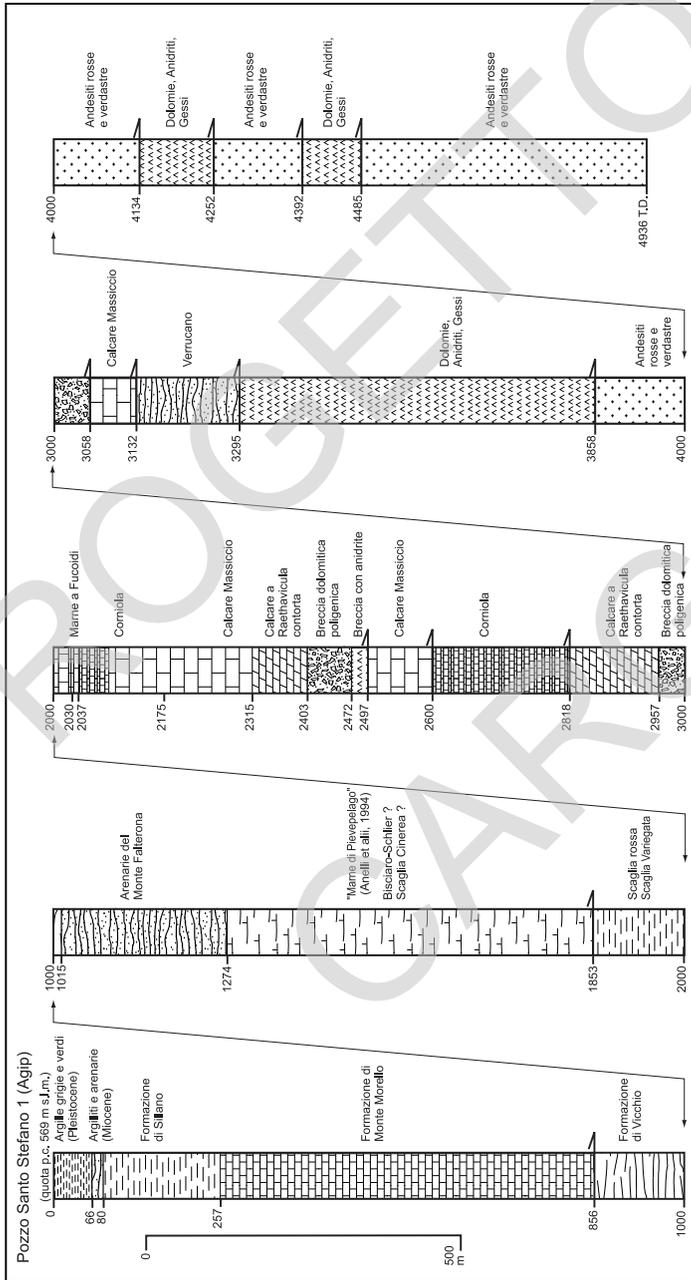


Fig. 3 - Stratigrafia del pozzo Pieve Santo Stefano 1 (da ANELLI et alii, 1994, ridisegnato e reinterpretato).

te anche se piuttosto complessa (ANELLI *et alii*, 1994). In particolare, al di sotto di circa 66 m di argilliti lacustri pleistoceniche del lago di San Cassiano, sono presenti 14 m di sedimenti miocenici riferiti alla Successione Epiligure (ragionevolmente Formazione del Monte Fumaiolo), che poggiano su formazioni delle Unità Liguri (Formazione di Sillano e Formazione di Monte Morello) da 80 fino a 856 m. Da 856 m fino al fondo pozzo sono presenti formazioni delle Unità Toscane e Umbro-Romagnole. Le prime sono rappresentate dalla Formazione di Vicchio (856-1015) e dalle Arenarie del Falterona (1015-1274), anche se ANELLI *et alii* (1994) le denominano Arenarie del Cervarola dato che in quel periodo non era ben definita la stratigrafia dell'Unità Falterona. Da 1274 a 1853 m vengono attraversate litologie marnoso-siltose nerastre e arenarie quarzose grigie finemente gradate di età oligocenica superiore-miocenica inferiore che gli stessi autori riferiscono alle Marne di Pievepelago. Classicamente quest'ultima formazione dovrebbe trovarsi al tetto del Macigno della Falda Toscana (BORTOLOTTI *et alii*, 1970), riferibile alle marne di chiusura di questo complesso torbiditico (RICCI LUCCHI, 1986). L'assegnazione di queste litologie alle Marne di Pievepelago presenta dunque qualche problema interpretativo, anche considerando che al di sotto, da 1853 m fino 2037 m il pozzo incontra le formazioni argillose-marnose riferite alla Scaglia Umbra Cretacico superiore-Eocenica superiore, con pochi metri di Marne a Fucoidi alla base.

Si potrebbe in alternativa pensare che le "Marne di Pievepelago" di ANELLI *et alii* (1994) (1274-1850) siano in realtà le Formazioni della Scaglia Cinerea e del Bisciario, che sarebbero compatibili come litologia, posizione stratigrafica ed età. In questa ipotesi quindi il contatto tra arenarie e marne a 1274 m rappresenterebbe il contatto tettonico tra l'Unità Toscana e la sottostante Unità Umbro-romagnola.

Al di sotto dei 2037 metri e fino ai 2497 metri si trovano in successione la Corniola (2037-2175), il Calcare Massiccio (2175-2315) il Calcare a *Rhaetavicula contorta* (2315-2403) e Breccie poligeniche con clasti dolomitici prevalenti (2403-2472) e con livelli anidritici (2472-2497) riferibili alla formazione delle Anidriti di Burano.

Queste ultime formazioni, che costituiscono la porzione calcareo-silicea giurassico-cretacica della successione umbro-marchigiano-romagnola, sono più volte ripetute tettonicamente fino alla profondità di 3132 m. Da 3132 m fino a fondo pozzo (4936 m) si hanno ripetizioni, sempre di natura tettonica, tra il Verrucano e le dolomie e anidriti della formazione delle Anidriti di Burano. Caratteristica peculiare di questo pozzo è la presenza, a partire da 3858 m, di andesiti, anch'esse più volte ripetute tettonicamente tra le Anidriti di Burano. Sull'età delle vulcaniti poco si può dire. ANELLI *et alii* (1994) le riferiscono all'Oligo-Miocene sulla base di datazioni radiometriche K-Ar comprese tra $33,8 \pm 1,7$ e $25,7 \pm 1,2$; FINETTI *et alii* (2001) invece hanno ipotizzato che siano intercalazioni entro la Formazione di Burano e dunque di età triassica.

PROGETTO
CARG

IV - CENNI DI GEOMORFOLOGIA

L'assetto morfologico generale dell'area compresa nel Foglio risente in modo marcato della forte eterogeneità litologica delle formazioni affioranti e della complessità strutturale che caratterizzano questo settore dell'Appennino Settentrionale. I processi morfologici hanno agito, per lo meno a grande scala, attraverso dinamiche prevalentemente morfoselettive. Secondariamente, in particolar modo nelle litologie con notevole componente argillitica, lo sviluppo di processi gravitativi dei versanti ha contribuito alla modellazione del paesaggio.

Il paesaggio si presenta così con una forte impronta fluviale, con valli profondamente incise in corrispondenza delle litologie più resistenti (calcari ed arenarie), ampie e aperte in presenza di litologie facilmente erodibili come marne ed argilliti.

L'assetto orografico è nel complesso piuttosto articolato e caratteristico di un territorio montano. I punti più elevati sono rappresentati dal M. dei Frati, (1453 m) nella parte centrale, e dal M. Fumaiolo (1406 m) nell'angolo nord occidentale. La quota media è di circa 750 m. Non sono presenti aree pianeggianti propriamente dette ad eccezione di limitate fasce contigue ai fiumi principali: Tevere, Marecchia, Foglia e Metauro. L'acclività dei versanti è fortemente influenzata dalla resistenza delle litologie all'erosione: le aree di affioramento delle formazioni più resistenti, a composizione arenitica o calcarea (come la Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola, la Formazione Marnoso-Arenacea Umbra e la Formazione di Monte Morello) hanno pendenze mediamente maggiori del 40% e sono generalmente coperte da boschi cedui o di alto fusto; le aree con substrato costituito da argilliti o marne (come le Formazioni di Sillano e di Villa a Radda, la Formazione di Vicchio, etc.) sono caratterizzate da pendenze medie dell'ordine del 10-20% e vengono frequentemente utilizzate per il pascolo o per la semina del foraggio.

Le estese esposizioni di formazioni a prevalente composizione marnosa o argillitica, in particolari condizioni di affioramento, danno origine a forme calanchive anche molto accentuate, come nelle aree di Pratieghi e di Verghereto (Marne di San Paolo, parte nord occidentale del Foglio) e nel versante occidentale del Sasso di Simone (Formazione di Villa a Radda, parte nord orientale del Foglio).

Il reticolo idrografico, nel complesso a struttura dendritica mediamente gerarchizzato, comprende le alte valli dei bacini dei Fiumi Tevere, Marecchia, Foglia e Metauro. A scala locale la densità del reticolo è influenzata da fattori litologici locali, come ad esempio nelle già citate zone a calanchi, in cui si raggiunge un grado di gerarchizzazione molto spinto, o nella estesa area di affioramento della Formazione di Monte Morello fra M. Botolino e M. Loggio, in cui è evidente una rarefazione del drenaggio dettata dall'elevata permeabilità delle litologie carbonatiche.

Il bacino del F. Tevere occupa la parte occidentale del Foglio ed il suo corso principale ha l'andamento tipicamente appenninico (NNW-SSE) dei corsi d'acqua tirrenici; nella parte più meridionale del Foglio è compresa la porzione più settentrionale del bacino artificiale di Montedoglio.

Gli altri fiumi, a destinazione adriatica, hanno direzioni di scorrimento verso NNE ed E; il corso del F. Marecchia è fortemente incassato per un tratto di oltre otto chilometri, fra Ponte Presale ed il limite settentrionale del Foglio, su di un fondovalle piatto, largo alcune centinaia di metri, bordato da pareti subverticali con spettacolari affioramenti della Formazione Marnoso-Arenacea.

Come singolarità morfologiche presenti nel Foglio ricordiamo infine le *mesas* impostatesi in corrispondenza delle maggiori aree di affioramento di formazioni Epiliguri: M. Fumaiolo-M. Aquilone, Sasso di Simone-M. Simoncello e Miratoio. Si tratta di rilievi con sommità pianeggiante bordati da pareti subverticali in roccia affiorante, di grande effetto paesaggistico. L'altezza delle pareti può raggiungere il centinaio di metri, mentre l'estensione delle sommità varia da qualche chilometro quadrato a pochi ettari.

Nell'area studiata la dinamica dei versanti risulta particolarmente attiva per l'abbondanza di litologie marnose ed argillitiche particolarmente sensibili ai processi gravitativi. In genere la maggioranza dei versanti impostati su formazioni a prevalente composizione argillitica (in particolare le Formazioni di Sillano e di Villa a Radda) è interessata da intensi fenomeni di modellamento gravitativo, anche in situazioni di acclività modesta, con fenomeni di soliflusso generalizzato, fino a vere e proprie frane di colamento. Nell'area del Foglio è presente anche una diversa tipologia di movimenti gravitativi, caratteristica dei versanti argillitici sovrastati dalle formazioni arenacee e calcaree della Successione Epiligure (M. Aquilone e Sasso di Simone): queste presentano pareti subverticali e i gran-

di blocchi di calcareniti che si staccano da queste pareti, anche dell'ordine delle migliaia di metri cubi, sono coinvolti nei movimenti di colamento che si sviluppano nei sottostanti versanti argillitici e vengono così trasportati, come su di un *tapis roulant* anche per molti chilometri (CASAGLI *et alii* 1994).

PROGETTO
CARGO

PROGETTO
CARG

V - STRATIGRAFIA

Durante il rilevamento di campagna sono risultati particolarmente utili i criteri di rilevamento già sperimentati per le successioni torbiditiche ed emipelagiche della Cartografia Geologica alla scala 1:10.000 della Regione Emilia Romagna e per le successive elaborazioni dei Fogli alla scala 1:50.000 per il Servizio Geologico Nazionale. Come già discusso nell'Introduzione, nel rilevamento di queste unità si è tenuto in considerazione il rapporto arenaria/pelite (A/P), lo spessore medio degli strati arenitici, la loro tessitura e composizione (apprezzabile con la lente). Un ulteriore aiuto nella modellizzazione stratigrafica e strutturale è stato fornito dai livelli guida, presenti con buona continuità a scala regionale, in particolare lo strato Contessa e le colombine nelle Formazioni Marnoso-Arenacea Romagnola e Umbra.

Nella suddivisione delle formazioni in membri e litofacies, per evitare la proliferazione di nuovi nomi a carattere locale, si è cercato per quanto possibile di utilizzare terminologie esistenti nei fogli limitrofi già rilevati (Fogli 265 Bagno di Romagna, 279 Urbino, 289 Città di Castello). Si è ritenuto che questa scelta potesse contribuire ad una migliore comprensione dell'intera area di affioramento delle Formazioni Marnoso-Arenacea Romagnola e Umbra e nello stesso tempo ad uniformare, anche al di fuori dei limiti del singolo Foglio, la terminologia usata.

Di seguito sono descritte le formazioni, i membri e le litofacies, seguendo lo schema stratigrafico proposto da VAI & CASTELLARIN (1992), raggruppati per unità tettoniche. L'ordine delle unità tettoniche segue lo schema della legenda della carta: verranno quindi descritte per prime le unità geometricamente più alte, in questo ordine (Fig. 2):

La Successione Epiligure è costituita dalle brecce poligeniche di Sasso di Simone (**BPS**), Formazione di Antognola (**ANT**), Formazione di San Marino (**SMN**) e Arenarie di Monte Fumaiolo (**MFU**). Le prime due formazioni sono attri-

buibili al Gruppo del Reno e le successive al Gruppo del Marecchia (vedi oltre).

Le Unità Liguri qui rappresentate dalla sola Unità Morello, costituite dalle formazioni del Supergruppo della Calvana: Formazione di Sillano (**SIL**), Formazione di Villa a Radda (**RAA**), Formazione di Monte Morello (**MLL**)

Le Unità Toscane, rappresentate unicamente dall'Unità Falterona, costituite dalle formazioni più recenti del Supergruppo del Serchio. All'interno di questo Supergruppo, che comprende le successioni di tipo "Toscano" proponiamo qui di istituire una suddivisione di ordine inferiore, il "Gruppo del Mugello", comprendente la "Successione Falterona-Cervarola". A questo nuovo Gruppo afferiscono le Marne Varicolori di Villore (**MVV**), le Arenarie del Monte Falterona (**FAL**), e la Formazione di Vicchio (**VIC**).

Le Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole (Unità Monte Nero, suddivisa nelle Subunità Monte della Zucca e Monte dei Frati; Unità Pietralunga; Unità Cà Romano suddivisa in Subunità Ca' Raffaello e Sant'Angelo in Vado) sono costituite dalle formazioni più recenti del Supergruppo del Metauro: Bisciario (**BIS**), Schlier (**SCH**), Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana (**FAM**), Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (**FMA**), Formazione Marnoso-Arenacea Umbra (**MUM**), Marne di San Paolo (**SPL**).

La Fig. 4 sintetizza le età delle formazioni affioranti nel Foglio, ricavate dalla biostratigrafia a nannofossili calcarei.

Le coperture quaternarie sono state suddivise nei seguenti tre gruppi di unità informali: 1) depositi di frana (**a₁**); 2) coperture detritiche, rappresentate da: deposito di versante (**a**), detrito di falda (**a₃**), coltre eluvio colluviale (**b₂**) e deposito antropico (**h**); 3) depositi alluvionali e lacustri suddivisi in: deposito alluvionale (**b**); deposito alluvionale terrazzato (**b_n**) e deposito lacustre, (**e₂**). I sedimenti relativi a quest'ultimo gruppo sono stati rappresentati con il criterio litostratigrafico e non sono stati distinti in base al bacino di appartenenza. Questa scelta è motivata dal fatto che il Foglio in esame è ubicato nell'area dello spartiacque appenninico, e ciò avrebbe comportato una proliferazione di nomi relativi ai vari sintemi ciascuno coincidenti con il bacino idrografico. Inoltre in questo modo non sarebbe stata garantita la correlabilità dei depositi tra sintema e sintema.

1- SUCCESSIONE EPILIGURE

La Successione Epiligure, come è stata definita da RICCI LUCCHI & ORI, (1985) e RICCI LUCCHI (1987) comprende tutti i terreni depositi in discordanza sulle Unità Liguri deformate durante le principali fasi di avanzamento e rappresenta quindi il risultato della sedimentazione entro un bacino episuturale *sensu* BALLY & SNELSON (1980). Queste formazioni rientrano in quello che MERLA (1951) definiva "semiautoctono" Auct. e ABBATE *et alii* (1970) hanno classificato come "post-geosynclinal sequences". Il substrato ligure è fortemente deformato e appartiene a

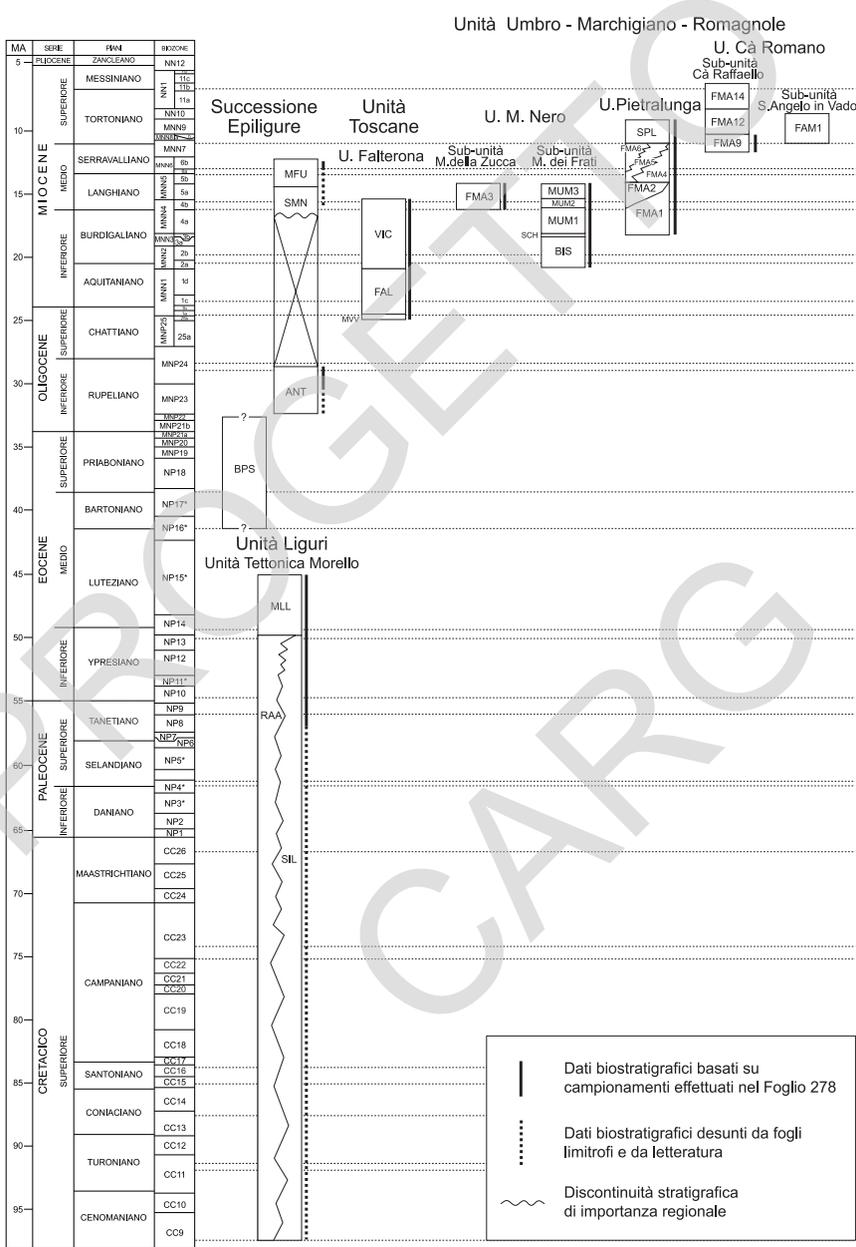


Fig. 4 - Schema cronostratigrafico delle unità presenti nel Foglio 278 - Pieve Santo Stefano.

un ambiente marino ove inizialmente si accumulavano breccie poligeniche, e in seguito marne ed argille emipelagiche con strati torbiditici e corpi arenacei risedimentati. Secondo la classificazione di VAI & CASTELLARIN (1992), le formazioni presenti nel Foglio appartengono a due Gruppi: al Gruppo del Reno le Breccie poligeniche del Sasso di Simone e la Formazione di Antognola; al Gruppo del Marecchia le Formazioni di San Marino e di Monte Fumaiolo.

La Successione Epiligure affiorante nel Foglio presenta alla base un corpo di breccie (Breccie poligeniche del Sasso di Simone, CONTI, 1994) di estensione probabilmente locale, ma poste nella stessa posizione stratigrafica di altre breccie (*Mélanges* sedimentari in BETTELLI *et alii*, 1987), rinvenibili più a nord-est, in estese aree dell'Appennino Emiliano (*e.g.* breccie argillose di Baiso del Foglio 236, Pavullo nel Frignano, BETTELLI *et alii*, 2002b; Foglio 252, Barberino di Mugello, BETTELLI *et alii*, 2002a). Tali breccie sono costituite da clasti provenienti dalle Unità Liguri sottostanti e da una matrice argillosa, più o meno abbondante. Il tetto stratigrafico è invece costituito dalla Formazione di San Marino di età Burdigaliano-Langhiano. In aree più occidentali del Foglio (M. Fumaiolo), però, troviamo al tetto delle Liguridi direttamente le marne della Formazione di Antognola, di età oligocenica inferiore, con al tetto la Formazione di San Marino. Non è possibile stabilire se la mancanza delle Breccie poligeniche di Sasso di Simone alla base della Formazione di Antognola al M. Fumaiolo e viceversa la mancanza della Formazione di Antognola al tetto delle Breccie poligeniche del Sasso di Simone al Sasso di Simone sia di natura primaria o no. Nel primo caso potrebbe trattarsi di mancanza di sedimentazione o di un'elisione tettonica. Nel secondo caso è ipotizzabile che la Formazione di Antognola, estesa regionalmente in tutto il versante padano dell'Appennino, sia stata asportata durante la fase erosiva connessa con la messa in posto delle Unità Liguri sulle Unità Toscane e Umbro-Romagnole nel Miocene inferiore. Le formazioni al di sopra di tale discordanza tettonica (Formazione di San Marino e Arenarie del Monte Fumaiolo) rappresentano, nel Foglio, si è detto, il Gruppo del Marecchia.

1.1 - GRUPPO DEL RENO

1.1.1 - Breccie poligeniche del Sasso di Simone (BPS)

Sinonimi: *breccie argillose del Sasso di Simone* di BETTELLI *et alii* (1994).

Estesi affioramenti di queste breccie sono presenti nello spettacolare paesaggio calanchivo posto alla base del Sasso di Simone e del M. Simoncello. Si tratta di depositi generalmente matrice sostenuti con matrice argillitica di colore dal grigio al bruno. I clasti, di dimensioni decimetriche, sono costituiti da argilliti policrome, calcilutiti ed arenarie provenienti dalle Formazioni di Sillano, di Villa a Radda e di Monte Morello.

Questa formazione poggia con contatto discordante sulla Formazione di Villa a Radda già fortemente deformata al momento della sua deposizione. Al tetto il passaggio, sempre discordante, avviene con la Formazione di San Marino.

Lo spessore delle breccie è di circa 250-300 metri.

La messa in posto di queste breccie è da attribuirsi a fenomeni di colate di fango e di detrito (*mud flow* e *debris flow*) in ambiente sottomarino, vista anche la mancanza di indizi di emersione al tetto delle sottostanti formazioni liguridi (CASAGLI *et alii*, 1993, 1994; BETTELLI *et alii*, 1994).

In assenza di dati biostratigrafici (tutti i campioni prelevati nella matrice sono risultati sterili), in accordo con CONTI (1994), si può solo affermare che l'età è compresa nell'intervallo fra l'Eocene medio (età più recente dei clasti) e l'Oligocene inferiore, età della Formazione di Antognola (MNP23), che affiora però solamente alla base del M. Fumaiolo e come già detto, manca nell'area di affioramento delle breccie.

1.1.2 - Formazione di Antognola (ANT)

E' presente in affioramenti poco estesi intorno alla zona Monte Fumaiolo - Monte Aquilone. Si tratta di marne a frattura scagliosa senza evidente stratificazione, di colore grigio all'alterazione, grigio verde al taglio fresco, con frequenti spalmature manganesifere brune. Il contatto inferiore di questa formazione sulla Formazione di Villa a Radda non è mai chiaramente visibile, tuttavia sulla base di considerazioni geometriche e alla luce dei rapporti con le formazioni delle Unità Liguri presenti in altre località appenniniche, si ipotizza la presenza di una discordanza.

Il passaggio verso l'alto avviene, per contatto erosivo, con la Formazione di San Marino.

Lo spessore affiorante è di poche decine di metri.

L'ambiente deposizionale è riferibile a scarpata o a un bacino confinato relativamente profondo (MANCIN, 1999; DI GIULIO *et alii*, 2002).

I campioni raccolti hanno fornito associazioni a nannofossili calcarei che contengono *Dictyococcite bisectus*, *Cyclicargolithus abisectus*, *Sphenolithus predistentus*, *S. distentus*, *Helicosphaera compacta*, *H. wilcoxoni*, *H. euphratis*, *H. recta*, *H. bramlettei*, *Discoaster deflandrei* e *D. tanii*. (biozona MNP23, del Rupeliano). La formazione è stata quindi attribuita all'Oligocene inferiore. In aree più occidentali, al di fuori del Foglio, la formazione giunge fino al Burdigaliano.

1.2 - GRUPPO DEL MARECCHIA

Questo gruppo comprende la Formazione di Pantano, a dominante calcareo-arenacea, e la sovrastante Formazione di Cigarello a dominante marnosa, con arenarie risedimentate nella parte alta (vedi AMOROSI *et alii*, 1996). Date le notevoli analogie di questo Gruppo con la successione presente nel Foglio Pieve Santo Stefano, ove la Formazione di San Marino può essere in buona parte correlata con la Formazione di Pantano e la Formazione del Monte Fumaiolo con la Formazione di Cigarello, abbiamo ritenuto opportuno considerarle parte di questo Gruppo, ma utilizzare i due nomi locali, dato che non si ha una perfetta corrispondenza fra le formazioni e manca una continuità areale fra le stesse¹. Il Gruppo del Marecchia giace in discordanza su vari termini del Gruppo del Reno e delle Unità Liguri

1.2.1 - Formazione di San Marino (SMN)

Cfr. *Formazione di Pantano* di AMOROSI *et alii* (1996).

Nelle aree settentrionali del Foglio la formazione costituisce i rilievi di La Costa-Poggio del Passino e, più ad est, quelli isolati del Sasso di Simone e del M. Simoncello. Nella porzione sud-occidentale affiora tra San Cassiano (dove presso la località I Conchi emerge l'affioramento più importante) ed il M. Fungaia, dove frammenti sparsi plurimetrici poggiano sulla Formazione di Sillano. Nella parte bassa della formazione, sopra al contatto probabilmente discordante con le breccie poligeniche del Sasso di Simone nell'area di Sasso di Simone - M. Simoncello, dove la Formazione di Antognola manca (per erosione?), e sopra la Formazione di Antognola al M. Fumaiolo, si hanno calcari organogeni a briozoi, ostreidi, echinidi e pettinidi, affioranti in strati molto spessi. Questi passano verso l'alto a biocalcareni grossolane di colore grigio, in strati di medio spessore, con laminazione piano-parallela e obliqua. Presentano anche una frazione di clasti non carbonatici (glauconia). Le caratteristiche di discontinuità ma nello stesso tempo di estensione in affioramento della formazione, che costituisce placche suborizzontali e blocchi sparsi che poggiano su formazioni a prevalenza argillitica, fa pensare che in origine essa avesse un'estensione areale molto maggiore e ricoprisse in discordanza, ma con continuità, buona parte delle Unità Liguri affioranti nel Foglio, talora con l'interposizione di livelli della Formazione di Antognola. Il successivo intenso smembramento è stato favorito dal contrasto litologico con la formazione sottostante, che ha dato origine a diffusi fenomeni di frane di crollo (CASAGLI *et alii*, 1994).

¹ Riunione del Comitato per l'Appennino Settentrionale, Gruppo operativo 5 "Successione Epiligure e Plio-Pleistocene", "Sottogruppo per la Successione Epiligure", Firenze 24 novembre 1998.

Il passaggio alla formazione soprastante avviene in modo netto con l'improvvisa comparsa di strati di arenaria grossolana e con la brusca riduzione della frazione carbonatica.

Lo spessore di questa formazione può raggiungere i 200 metri.

Per quanto riguarda l'ambiente di deposizione, CONTI (1994) attribuisce la formazione "alla parte antistante di una piattaforma carbonatica" in cui, "ad un'iniziale tendenza trasgressiva fa seguito una tendenza *shallowing upwards*" dovuta a progressivo interrimento per l'incremento di apporti silicoclastici.

Per ciò che riguarda l'età della formazione è nota una abbondante macrofauna a Briozoi, alghe calcaree, Molluschi, macroforaminiferi bentonici, Ostreidi, Echinodermi e Pectinidi attribuiti al Langhiano-Serravalliano (vedi RUGGIERI, 1970; VENERI, 1986). BETTELLI *et alii*, (1994) e CONTI (1994) riportano invece un'età Burdigaliano superiore - Langhiano inferiore, in accordo con l'età Langhiano inferiore della parte basale della soprastante Formazione del Monte Fumaiolo (AMOROSI, 1992). L'età della formazione è quindi riferibile al Burdigaliano superiore - Langhiano inferiore.

1.2.2 - Formazione di Monte Fumaiolo (MFU)

Cfr. *Formazione di Cigarello* di AMOROSI *et alii*, (1996).

Affiora estesamente nell'area del Monte Fumaiolo - Monte Aquilone; olistoliti di questa formazione sono presenti nelle Marne di San Paolo presso Miratoio. La formazione è stata suddivisa in due membri, membro di Monte Aquilone (MFU₁) e membro di Vetta (MFU₂), come già proposto nella Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo alla scala 1:10.000 della Regione Emilia Romagna, Sez. 278020-278060 Casteldelci-Pratieghi (1995).

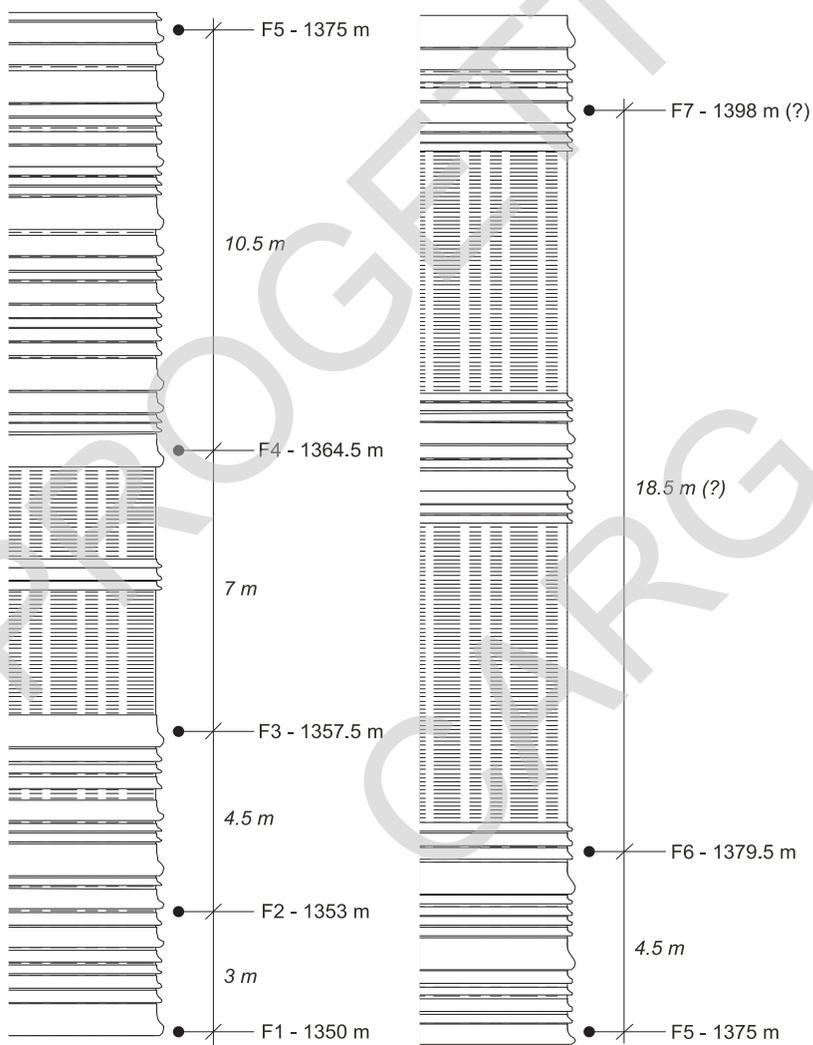
L'ambiente deposizionale è marino poco profondo, con elevati apporti di materiale clastico. In particolare, la porzione inferiore calcarenitica ed arenitica è riferita ad un ambiente di piattaforma interna, mentre la porzione superiore più marnosa è riferita ad un ambiente di piattaforma esterna (RICCI LUCCHI, 1975; ROVERI *et alii*, 1999).

I campioni raccolti nei due membri hanno fornito solamente faune sicuramente rimaneggiate (Oligocene inferiore, Oligocene superiore, Burdigaliano inferiore). AMOROSI (1992) documenta la presenza della zona a *Praeorbulina glomerosa* s.l., subzona a *P. glomerosa sicana* (Langhiano inferiore), e della zona a *Orbulina suturalis-Globorotalia peripherorond*, subzona a *Orbulina suturalis* (Langhiano superiore-Serravalliano inferiore). Questa età, confermata anche da CONTI (1994), viene pertanto assunta come età della formazione.

membro di Monte Aquilone (MFU₁)

Costituisce la base stratigrafica della formazione ed è costituito da un'alter-

nanza di arenarie grossolane amalgamate, in strati generalmente plurimetrici, e di sottili interstrati di marne sabbiose (Fig. 5). Le arenarie sono silicoelastiche con presenza talora significativa di clasti carbonatici e di glauconia. Il passaggio al sovrastante Membro di Vetta avviene per graduale diminuzione dello spesso-



Scala verticale 1:100

Fig. 5 - Serie stratigrafica misurata e campionata, nelle Arenarie del Monte Fumaiolo, membro di Monte Aquilone, nella località omonima.

re degli strati arenacei e con l'aumento dello spessore degli interstrati marnosi.

Petrograficamente (DI GIULIO & VALLONI, 1992; CIBIN & DI GIULIO, 1996; Fig. 6) si tratta di extrareniti non carbonatiche che contengono una notevole quantità di bioclasti, coerentemente con l'ambiente di sedimentazione di mare sottile. La frazione terrigena dell'ossatura ha composizione feldspatico-litica, la frazione litica dell'ossatura è dominata da frammenti di rocce sedimentarie sia silicoclastiche che carbonatiche, con subordinati frammenti di rocce metamorfiche e più scarsi clasti vulcanici.

Nell'insieme quindi l'associazione detritica sembra indicare una sorgente essenzialmente sedimentaria a carattere misto, silicoclastico-carbonatico, suggerendo un carattere di secondo ciclo per i clasti metamorfici e vulcanici.

Presenti sottili livelli di breccie poligeniche con abbondanti bioclasti.

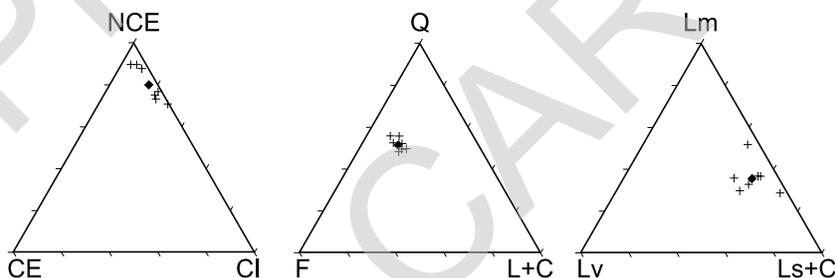
Il passaggio al membro superiore è brusco.

Lo spessore di questo membro è di circa 80 metri.

membro di Vetta (MFU₂)

Si tratta di arenarie grossolane talora scarsamente cementate in strati da medi a spessi alternate a marne sabbiose grigio azzurre, localmente sono presenti livelli di *debris-flow*. Le arenarie sono silicoclastiche gradate e con frequente laminazione piano-parallela, contenenti talora una significativa quantità di clasti carbonatici. Gli strati arenacei mostrano talora impronte di fondo tipo "groove cast".

Il massimo spessore di questo membro è di circa 200 metri.



Composizione d'insieme media NCE80,0 CE3,9 CI16,1;
 Composizione Principale media Q51,7 F33,1 L+CE15,2;
 Composizione della frazione litica e tessitura fine dell'ossatura
 mediamente Lm34,3 Lv11,6 Ls+C54,1.

Fig. 6 - Diagrammi ternari relativi alla composizione petrografica delle Arenarie del Monte Fumaiolo, membro di Monte Aquilone. Composizione d'insieme media dell'ossatura: NCE: grani non carbonatici extra bacinali; CE: grani carbonatici extra bacinali; CI: grani carbonatici intrabacinali (Zuffa, 1985). Composizione principale media: Q: grani quarzosi; F: grani feldspatici; L+CE: grani litici a grana fine + litici carbonatici extrabacinali. Frazione litica a tessitura fine dell'ossatura: Lm: grani litici metamorfici e metavulcanici; Lv: grani litici; Ls+CE: grani litici sedimentati + grani carbonatici extrabacinali.

2 - UNITÀ TETTONICHE LIGURI

Le Unità Liguri sono rappresentate, nell'area del Foglio unicamente dall'Unità Morello che risulta geometricamente sovrapposta sia alle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnola che alle Unità Toscane.

2.1 - UNITÀ TETTONICA MORELLO

In questa Unità sono state distinte tre formazioni che appartengono al Supergruppo della Calvana (ABBATE & SAGRI, 1970; VAI & CASTELLARIN, 1992): la Formazione di Sillano (SIL), la Formazione di Villa a Radda (RAA) e la Formazione di Monte Morello (MLL). Le prime due, argillitico-calcareo la prima, argillitica la seconda, costituiscono il complesso di base cretacico superiore-eocenico inferiore del flysch calcareo-marnoso della Formazione di Monte Morello, dell'Eocene inferiore-medio. Questa unità è sovrascorsa sulle Unità Toscane e Umbro-Marchigiano-Romagnole.

2.1.1 - *Formazione di Sillano (SIL)*

Affiora estesamente in tutta la parte occidentale del Foglio ed in piccoli lembi all'estremità nord orientale nella zona del Sasso di Simone. Si tratta di un'alternanza di argilliti brune, verdi e più raramente rosse, di calcisiltiti e calcareniti verdastre, di marne biancastre e, più raramente di arenarie. Localmente (ad esempio presso La Montagna) le arenarie possono risultare anche prevalenti, ma la modesta estensione e la scarsa continuità di queste situazioni hanno impedito di cartografarle. Il passaggio alla soprastante Formazione di Monte Morello, avviene con il graduale aumento della frazione calcareo-marnosa e la conseguente riduzione di quella argillitica. Dato il forte contrasto litologico, tale passaggio risulta spesso tettonizzato e sede di scollamenti tra le due formazioni. Nei casi più evidenti è stato indicato in carta con il simbolo del contatto tettonico.

La formazione, in chiara eteropia con la Formazione di Villa a Radda, passa in alto alla Formazione di Monte Morello, con la comparsa improvvisa di spessi banconi di calcare marnoso e la progressiva diminuzione di tutti i termini litologici della Formazione di Sillano. Il contatto, dato l'estremo contrasto reologico, è spesso tettonizzato.

Lo spessore di questa formazione è difficilmente valutabile a causa dell'intensa tettonizzazione; la potenza visibile è stimabile in circa 100-150 metri.

L'ambiente deposizionale è riferibile ad un contesto marino profondo, con sporadici apporti torbiditici arenacei e calcarei.

I nannofossili calcarei presenti nei campioni analizzati appartengono ad associazioni che indicano età diverse: il Cretacico superiore è documentato dalla pre-

senza di *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Aspidolithus parvus parvus*, *Eiffelithus eximius*; il Paleocene inferiore dalla presenza di *Coccolithus pelagicus*, *Cruciplacolithus primus*, *Chiasmolithus danicus*, ed infine l'Eocene inferiore dalla presenza di *Discoaster binodosus*, *Sphenolithus radians*, *Toweius rotundus*, *T. occultatus*. La formazione è quindi attribuita all'intervallo Cretacico superiore p.p.-Eocene inferiore p.p.

2.1.2 - Formazione di Villa a Radda (RAA)

Sinonimi: *Argille Varicolori* di CONTI, 1994; *Argille Varicolori della Val Marecchia* di BETTELLI *et alii*, 1994.

Affiora in modo diffuso nel quadrante nord orientale del Foglio, ed inoltre nella parte occidentale fra M. Faggio e Case Sparti ed a nord fra l'abitato di Le Balze e Poggio Ancisa. Si tratta di argilliti rosse e verdi a frattura aciculare alternate a strati di arenarie con cemento carbonatico; raramente sono presenti straterelli di calcisiltiti e calcareniti grigio scure. Talora (presso Senatello e nella zona del M. Fungaia) le argilliti risultano profondamente alterate e caoticizzate ed al loro interno sono compresi blocchi di arenarie ofiolitiche e livelli a "boudin" di calcari marnosi.

La formazione, in chiara eteropia di facies con la Formazione di Sillano, passa in alto alla Formazione di Monte Morello, per limprovvisa comparsa di spessi banchi di calcari marnosi e la rapida fine delle intercalazioni di argilliti rosse.

Lo spessore di questa formazione è difficilmente valutabile a causa dell'intensa tettonizzazione; la potenza stimata è di circa 100-150 metri.

L'ambiente di sedimentazione è pelagico e profondo, con assai scarsi apporti di fanghi carbonatici e sabbie, risedimentati.

La datazione di questa formazione ha presentato notevoli difficoltà, in quanto campioni raccolti a pochi metri gli uni dagli altri, in marne argillose presso Cercétole, hanno fornito età variabili tra il Valanginiano inferiore-Hauteriviano superiore (per la presenza, tra gli altri, di *Calcicalathina oblongata* e *Speetonia colligata*) ed il Cenomaniano inferiore per la presenza di *Corrollithion kennedyi*. Altri campioni raccolti in calcari marnosi, presso la sorgente del T. Senatello, hanno indicato un generico Cretacico inferiore per la presenza di *Braarudosphaera bigelowi*, *Cribrosphaerella ehrenbergi*, *Nannoconus steinmanni*, *Parhabdolithus embergeri*. BETTELLI *et alii* (1994) segnalano più ad est, nella Val Marecchia, la presenza di microfaune da albiano-aptiane a cenomaniane, paleoceniche ed eoceniche inferiori. Sono sicuramente presenti intensi fenomeni di rimaneggiamento. In assenza di dati biostratigrafici sicuri si può supporre che nell'area del Foglio, ove la Formazione di Villa a Radda sembra compresa tra le Formazioni di Sillano (che sostituisce latero-superiormente, in modo graduale per la comparsa di livelli costituiti da argilliti varicolori) e di Monte Morello (tranne

forse per alcuni affioramenti più orientali, ad es. Case Calgaglia, dove sembrano soggiacere alla Formazione di Sillano), essa abbia un'età compresa tra un generico Cretacico superiore p.p e l'Eocene inferiore *pro parte* (Fig. 4).

È inoltre possibile che più a est, dove la Formazione di Villa a Radda (Autori Vari, in CONTI, 1989) raggiunge la sua massima estensione, essa sostituisca completamente la Formazione di Sillano e possa quindi giungere al tetto del Cretacico inferiore come indicato dalle età riportate in BETTELLI *et alii* (1994) e CONTI (1989). E' infine da segnalare che nel Foglio 279-Urbino, la F.ma di Villa a Radda corrisponde alle Argille Varicolori (sigla **AVR**) e alla Formazione di Pugliano (**PUG**).

2.1.3 - Formazione di Monte Morello (**MLL**)

Sinonimi: *Alberese* Auctt.

Nell'area occidentale del Foglio la Formazione di Monte Morello presenta una stratigrafia complessa in quanto, oltre alle normali litofacies calcareo-marnose, e subordinatamente arenacee, sono presenti, alla base o entro la parte inferiore della formazione, estesi corpi di breccie mono- e poligeniche di spessore e estensione assai variabile (da pochi decimetri a centinaia di metri) ed olistoliti ofiolitici di dimensioni anche chilometriche.

Affiora estesamente in prossimità dell'abitato di Pieve Santo Stefano, nella zona fra M. Botolino e Badia Tedalda ed a nord di Carpegna. La Formazione di Monte Morello costituisce il termine stratigraficamente superiore dell'Unità Morello ed è costituita da un'alternanza di marne e marne calcaree giallo-brune con frattura a saponetta talora ben gradate e con un sottile livello basale calcarenitico, in banchi spesso plurimetrici, calcari marnosi bianco-giallastri a grana finissima e frattura concoide in strati da decimetrici a metrici, argilliti e argilliti marnose grigie di spessore assai variabile, arenarie calcaree micacee di colore avana e rare calcareniti biancastre in strati decimetrici. Queste alternanze, specie verso la base si presentano con chiari ritmi di sedimentazione, caratterizzati da strati torbiditici calcareo-marnosi di notevole spessore, alternati a pacchi di torbiditi arenaceo pelitici in strati sottili (PONZANA, 1993). Sempre nei livelli basali può affiorare anche una litofacies prevalentemente marnosa con rare intercalazioni di marne argillose brune, o un livello plurimetrico di marne rossastre.

La formazione costituisce, nel Foglio, il termine superiore della successione.

Lo spessore massimo affiorante è, generalmente, alcune centinaia di metri; localmente, come nell'area di Pieve Santo Stefano, può forse superare i 1000 m.

L'ambiente deposizionale è riferibile ad un sistema torbiditico carbonatico, in posizione intermedio-distale, probabilmente al di sopra della CCD, come indicano i potenti livelli marnosi di emipelagiti (ABBATE & SAGRI, 1970).

I numerosi campioni analizzati evidenziano associazioni a nannofossili cal-

carei che, per la presenza di *Discoaster barbadiensis*, *D. kuepperi*, *D. lodoensis*, *D. multiradiatus*, *Sphenolithus radians*, *Tribrachiatus ortostylus*, indicano l'Eocene inferiore e, per la presenza di *Discoaster sublodoensis*, l'Eocene medio. Alcuni campioni hanno inoltre fornito associazioni che, per la presenza di *Cruciplacolithus primus*, *C. tenuis*, *Chiasmolithus danicus*, *Prinsius martinii*, sono riferibili al Paleocene inferiore. È probabile che si tratti in questo caso di associazioni rimaneggiate, visto che in tutte le altre aree di affioramento la formazione è datata all'Eocene medio-inferiore, età che le viene attribuita anche in questo Foglio.

All'interno, e più frequentemente alla base della formazione, sono presenti, in particolar modo nel quadrante sud occidentale, spessi livelli di breccie poligeniche e ofiolitiche (breccie di Cerbaiolo, **MLL_b**; breccia di basalto, **MLL_c**; breccie di serpentinite, **MLL_d**; breccie poligeniche, **MLL_e**) e olistoliti spessi anche un centinaio di metri costituiti da serpentiniti (**se**) talora con filoni di gabbro (le porzioni di serpentiniti con numerosi filoni di gabbro sono state contraddistinte in carta con la sigla **sf**). Alla base e al tetto di questi olistoliti sono presenti intercalazioni di strati anche pluridecimetri di breccie e arenarie ofiolitiche, e i banchi calcareo-marnosi contengono, sparsi al loro interno, abbondanti clasti centimetrici spigolosi di serpentinite.

Queste breccie, e i blocchi ofiolitici inclusi sono interpretati, rispettivamente, come olistostromi ed olistoliti, risultato di grandi frane sottomarine che, staccandosi dal fronte delle Unità Liguri in avanzamento verso nord-est (in particolare dell'Unità Vara, in cui è presente il substrato ofiolitico), invadevano il bacino di sedimentazione del Supergruppo della Calvana.

Lo spessore di queste breccie, presenti in più livelli, è assai variabile, e può raggiungere i cento e più metri. Gli olistoliti maggiori, di serpentinite (M. Murlo, M. Petroso, Poggio delle Calbane), possono raggiungere spessori vicini ai 200 m ed estensioni superiori al chilometro.

L'analisi petrografica delle arenite presenti (PONZANA, 1993) ha mostrato la presenza di quattro diverse petrofacies: a- scheletro di elementi silicoclastici extrabacinali e scarsi elementi carbonatici, b- elementi carbonatici extrabacinali con elementi silicoclastici extrabacinali, c- elementi silicoclastici extrabacinali, prevalentemente ofiolitici, d- elementi bioclastici intrabacinali. La provenienza di queste arenarie sarebbe da una zona orogenica ("recycled orogen") associata a un'area di piattaforma.

breccie di Cerbaiolo (MLL_b)

A Cerbaiolo si trova una sequenza formata, dal basso verso l'alto, da una breccia praticamente priva di matrice, con clasti carbonatici decimetrici, a spigoli vivi, di Calcarea a Calpionelle contenenti una ricca microfauna a calpionelli-

di (*Calpionella alpina*, *C. elliptica*, *C. cf. undelloides*, *C. massutiniana*, *Calpionellopsis cf. thalmanni*, *Stenosemellopsis cf. hispanica*, *Tintinnopsella oblonga*, *T. doliphormis*), e rarissimi frammenti di basalto e di diaspri (BORTOLOTTI, 1962).

Questa breccia passa verso l'alto ad un sottile livello di breccia a tessitura analoga ma formata in prevalenza da elementi diasprini. Tra i due livelli affiora anche una limitatissima sequenza formata da calcari selciferi biancastri intercalati da marne rossastre di età Berriasiano inferiore (FIORE, 1994). La breccia diasprina passa verso l'alto alla breccia di basalto (MLL_c).

breccia di basalto (MLL_c)

Questa litofacies è presente nella zona tra Montalto e Cerbaiolo e con un piccolo affioramento sulla strada lungo il Colledestro. Si tratta di una breccia clasto sostenuta costituita prevalentemente da frammenti più o meno spigolosi di basalto, che ne costituisce anche la matrice a grana sabbioso limosa; presenti anche rari clasti di diaspri e di calcari tipo Calcare a Calpionelle.

Dal punto di vista chimico i basalti sono paragonabili ai basalti ofiolitici della Liguria orientale (BRUNACCI *et alii*, 1976; BORTOLOTTI & FARAONE, 1980), tutti caratterizzati da un chimismo MOR.

brecce di serpentinite (MLL_d)

Si ritrovano associate alle masse serpentinitiche e sono costituite prevalentemente da elementi più o meno spigolosi o subarrotondati di serpentinite, di varie dimensioni, non classati, e subordinatamente da clasti di gabbro. I clasti sono immersi in una scarsa matrice fine della stessa composizione dei clasti. I migliori affioramenti sono presenti nei dintorni di Pieve S. Stefano, presso San Cassiano e lungo il versante meridionale del F.so Colledestro in località Strazzano e Fognano.

brecce poligeniche (MLL_e)

Si tratta di brecce talora clasto-sostenute non classate con clasti spigolosi da centimetrici a decimetrici di natura prevalentemente ofiolitica (serpentiniti, gabbri e basalti). Subordinatamente sono presenti clasti di calcari marnosi e marne. La matrice è costituita da una sabbia limosa, proveniente dall'alterazione di serpentiniti e basalti, e da marne. All'interno delle brecce sono presenti lenti plurimetriche di marne e calcari marnosi biancastri identici a quelli della litofacies tipica della Formazione di Monte Morello. Queste brecce affiorano estesamente lungo le pendici settentrionali di M. Murlo e di M. Petroso e in piccoli lembi sul Poggio delle Calbane.

serpentiniti (se) e serpentiniti con filoni di gabbro (sf)

Sono presenti, come già detto, come olistoliti alla base o intercalate nella parte basale della Formazione di Monte Morello, lungo l'allineamento di corpi peridotitici e di breccie serpentinitiche di M. Murlo - M. Petroso - Poggio delle Calbane, che costituisce probabilmente un unico livello stratigrafico.

Le serpentiniti sono derivate dalla serpentinitizzazione in ambiente oceanico di lherzoliti a spinello fino ad harzburgiti e/o duniti. Le harzburgiti (65-75% olivina, 10-20% ortopirosseno, 0-10% clinopirosseno, 0-5% spinello bruno) hanno struttura porfiroclastica; le olivine sono quasi completamente trasformate in serpentino, gli ortopirosseni in bastite, i clinopirosseni (spesso con mescolamento dell'ortopirosseno) sono la fase meno alterata. Lo spinello cromifero è talvolta completamente trasformato in magnetite (BRUNACCI *et alii*, 1976) ed ha struttura *holly-leaf* (FIORE, 1994). Le lherzoliti sono molto subordinate e presentano una parziale riequilibratura in facies a plagioclasio. Nelle duniti l'olivina è completamente serpentinitizzata, e lo spinello completamente trasformato in magnetite. Sono presenti diffuse vene di minerali asbestoidi tipo crisotilo e, meno diffusa, l'alterazione a "ranocchiaia" (vedi RODOLICO, 1953, p. 233). Le peridotiti mostrano un chimismo simile a quello di tutte le serpentiniti dell'Appennino settentrionale (BRUNACCI *et alii*, 1976).

Nella cava a sud-est di M. Petroso sono presenti, nella massa serpentinitica, livelli formati da una matrice fine rossastra che avvolge completamente elementi serpentinitici dalle dimensioni del millimetro fino a pochi centimetri (BRUNACCI *et alii*, 1976; FIORE, 1994). Si tratta di livelli idrotermalizzati con sviluppo di ematite, che potrebbe essersi prodotta durante processi idrotermali in ambiente oceanico.

Gli olistoliti maggiori (M. Petroso, M. Murlo e Le Calbane) raggiungono uno spessore di almeno 300 m e un'estensione orizzontale superiore al chilometro.

Le serpentiniti presentano rapporti primari con filoni di gabbro, in esse intrusi, e che non è possibile cartografare individualmente. Nella carta sono però segnalate le porzioni di serpentiniti in cui i filoni sono maggiormente presenti (sf). Il limite a tratteggio sta ad indicare l'impossibilità di definire un contatto netto. Sono presenti anche piccoli ammassi gabbri. Si tratta sempre di gabbri rodingitizzati e spesso alterati o brecciati. Si presentano sia con grana minuta (3-4 mm), sia a facies pegmatoide con grana centimetrica. I minerali originali sono sostituiti spesso da minerali metamorfici e/o d'alterazione (vedi anche Brunacci *et al.*, 1976). Sono presenti facies con clinopirosseno parzialmente alterato e plagioclasio sericitizzato, con presenza di orneblenda bruna magmatica a struttura olocristallina disequigranulare sub-ofitica (FIORE, 1994). Vi sono anche pirosseniti con clinopirosseno molto fresco e vene d'impregnazione a pirosseno e plagioclasio.

Secondo Brunacci *et al.*, 1976, le rocce ofiolitiche di Pieve S. Stefano presentano una riequilibratura metamorfica in facies scisti verdi, successiva all'intrusione dei gabbri nelle peridotiti, fino a raggiungere una più o meno accentua-

ta cloritizzazione. Alcune neoblastesi nei filoni di gabbro descritte da BRUNACCI *et alii* (1976) richiamano quelle delle ofioliti della Liguria Orientale, ascritte (GIANELLI & PRINCIPI, 1974; CORTESOGNO *et alii*, 1975, 1987) a fasi via via decrescenti di alta temperatura e bassa pressione, del metamorfismo oceanico.

Nelle fasi terminali questo ultimo metamorfismo ha prodotto la serpentizzazione, la formazione di prehnite e pumpellyite e, successivamente, di calcite ed ematite nelle zone idrotermalizzate. Queste fasi dovrebbero corrispondere al denudamento delle serpentiniti sul fondo oceanico giurassico.

3 - UNITÀ TETTONICHE TOSCANE

Nell'area del Foglio è presente un'unica Unità Toscana, l'Unità Falterona, che sovrasta l'Unità Umbro-Marchigiano-Romagnola, Monte Nero e che ha al suo tetto le Unità Liguri.

3.1- UNITÀ FALTERONA

Le successioni di questa unità appartengono al Supergruppo del Serchio; vi sono state distinte tre formazioni affioranti diffusamente nell'Appennino Settentrionale ed in particolare lungo il crinale toscano-emiliano. Esse sono, dal basso, le Marne Varicolori di Villore (MVV), così definite nel Foglio 252 - Barberino di Mugello (BETTELLI *et alii*, 2002) e considerate un deposito di rampa esterna; le Arenarie del Monte Falterona (FAL), frequentemente associate alle Arenarie del Monte Cervarola (ABBATE & BRUNI, 1987, *cum bibl.*), la cui stratigrafia è stata parzialmente rivista nel Foglio 265 - Bagno di Romagna e 252 - Barberino di Mugello; la Formazione di Vicchio (VIC), che è stata interpretata come una facies di chiusura del sistema torbiditico rappresentando depositi di rampa interna (RICCI LUCCHI, 1986) e, recentemente, come deposito di un bacino *piggy-back* discordante su varie formazioni (PLESI *et alii*, 2002). Nel Foglio in esame quest'ultima interpretazione sarebbe coerente col fatto che, nell'area di Bulciano, le sottostanti Arenarie del Monte Falterona hanno uno spessore piuttosto ridotto (circa 300 m) e subito passano alle Marne Varicolori di Villore che marciano l'accavallamento sulle Unità Umbro-Romagnole.

3.1.1 - Marne Varicolori di Villore (MVV)

Sinonimi: *Scaglia Toscana*; *Scisti Varicolori* Auctt.

Sono presenti in affioramenti poco estesi, generalmente di forma lenticolare, delimitati alla base da contatti tettonici. Gli affioramenti di maggiori dimensioni sono situati ad ovest di Valsavignone, nella parte nord-occidentale del Foglio, ed a

nord del Colle di Lavacchio, nella parte meridionale. Si tratta di marne e marne argillose variegata, generalmente di colore dal verde chiaro al rosso vivo, intensamente foliate. Sono frequenti vene mineralizzate a calcite. Il contatto stratigrafico superiore con le Arenarie del Monte Falterona è netto con l'improvvisa comparsa di strati arenacei sottili e molto sottili a grana grossolana. Presso Valdazze sono stati rilevati due inclusi subarrottondati di gneiss di dimensioni decimetriche di provenienza incerta ma interpretati come gastroliti (SANI, 1990; PANDELI *et alii*, 1997).

La base non è affiorante in quanto questa formazione è sempre tagliata da superfici di sovrascorrimento; al tetto il passaggio avviene per progressivi apporti torbiditici arenacei

La potenza parziale massima affiorante è di circa 200 metri.

Si tratta di depositi emipelagici e pelagici di rampa esterna che precedono l'instaurarsi di un'avanzata sedimentazione torbiditica grossolana.

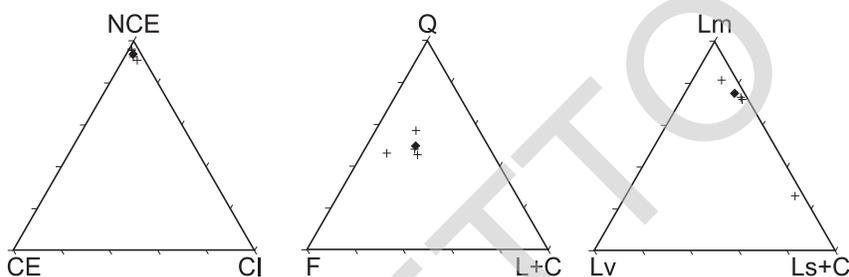
Nei campioni raccolti sono state individuate le biozone a nannofossili calcarei MNP25b, per la presenza di *Dictyococcites bisectus*, *Cyclicargolithus abisectus*, *Reticulofenestra daviesii*, *Helicosphaera euphratis*, *Discoaster deflandrei*, e MNN1, che presenta un'associazione simile alla precedente con rari esemplari di *Helicosphaera carteri*, *Sphenolithus dissimilis* e assenza di *D. bisectus*. La formazione è riferibile al Chattiano-Aquitano p.p.

3.1.2 - Arenarie del Monte Falterona (FAL)

Sinonimi: *Macigno del Mugello* di RUGGIERI (1970).

Affiora estesamente nella parte meridionale del Foglio ed in una fascia con andamento NW-SE nei pressi di Valsavignone. Questa formazione è costituita da alternanze di strati gradati arenaceo-pelitici con spessore e rapporto A/P molto variabile. Le arenite hanno generalmente grana grossolana e media (sequenze Ta-Tc), colore grigio, composizione feldspatolitica e sono molto ben cementate; le peliti sono anch'esse grigie e molto indurite. Verso l'alto il rapporto A/P tende gradualmente a stabilizzarsi intorno a 1/4-1/5; il passaggio alla soprastante Formazione di Vicchio avviene quando il rapporto A/P si riduce ulteriormente a 1/6. Dal punto di vista petrografico l'analisi è stata fatta su pochi campioni, a causa della taglia granulometrica troppo fine della gran parte degli strati. I campioni analizzati (classificati secondo lo schema di DI GIULIO & VALLONI, 1992; CIBIN & DI GIULIO, 1996) sono rappresentati da extrarenite non carbonatiche che presentano una frazione terrigena dell'ossatura a composizione feldspatico-litica e una frazione litica dell'ossatura dominata da frammenti di rocce metamorfiche con subordinati frammenti di rocce sedimentarie e rari clasti vulcanici (Fig. 7).

Il passaggio alla soprastante Formazione di Vicchio avviene bruscamente. Alcuni autori (TEN HAAF & VAN WAMEL, 1979; PLESI *et alii*, 2000) ipotizzano un contatto per discordanza.



Composizione d'insieme media NCE93,7 CE3,4 CI2,9;
 Composizione Principale media Q49,8 F30,0 L+CE20,2);
 Composizione della frazione litica e tessitura fine dell'ossatura
 mediamente Lm75,4 Lv4,3 Ls+C20,3)

Fig. 7 - Diagrammi ternari relativi alla composizione petrografica della Formazione delle Arenarie del Monte Falterona. Per i simboli vedi Fig. 6.

Lo spessore di questa formazione è 350 metri.

L'ambiente di sedimentazione di questa formazione torbidityca è stato riferito ad una piana bacinale confinata e relativamente profonda, dapprima sovralimentata e in seguito sottoalimentata, e ad una scarpata, probabilmente interna, relativamente alla porzione sommitale. Questo bacino costituiva l'avanzata del dominio toscano.

Tutti i campioni raccolti nella formazione sono riferibili alla biozona a nanofossili calcarei MNN1 e alcuni specificamente alla sottobiozona MNN1d. Le associazioni riferibili alla MNN1 contengono *Cyclicargolithus abisectus*, *C. floridanus*, *C. pelagicus*, *Sphenolithus dissimilis*, *Coccolithus miopelagicus*, *Helicospahera perch-nielseniae*, *H. euphratis*, *Discoaster deflandrei*, e nella MNN1d si rinvenivano anche *Sphenolithus disbelemnus*, *Helicospahera carteri* (rara) e piccoli *Dictyococcites* spp. La formazione è riferibile all'Aquitano superiore p.p.

3.1.3. Formazione di Vicchio (VIC)

Affiora estesamente nella parte occidentale del Foglio dove dà origine spesso a morfologie calanchive. La formazione rappresenta il termine stratigraficamente più alto di questa unità tettonica. Litologicamente è costituita da marnosiltiti grige talora con livelletti intercalati spessi 5-15 centimetri di arenarie, frequentemente glauconitiche, a granulometria media, con una frazione di cemento carbonatico. Raramente sono presenti livelli di calcareniti a grana anche grossolana.

Nella parte basale prevale per lo più una facies pelitico arenacea con A/P < 1/6 decrescente verso l'alto. In questa facies è stato rilevato un orizzonte costituito da un'alternanza di arenarie fini, marnosiltiti e selci nere già noto in bibliografia

come *Orizzonte selcioso listato* (PIZZIOLO & RICCI LUCCHI, 1991). Al di sopra si trova una facies pelitica costituita da marne con abbondanti granuli di glauconia e, raramente, da arenarie finissime e da calcareniti in strati molto sottili. Verso l'alto torna una facies pelitico arenacea con rapporto A/P ~ 1/6. Gli strati arenacei sono sottili e più frequentemente molto sottili. In tutto lo spessore della formazione sono presenti livelli di *slump* intraformazionali.

Sulla Formazione di Vicchio sono sovrascorse le Unità Liguri.

Il massimo spessore affiorante è di circa 400 metri.

La porzione inferiore della successione è stata interpretata come deposito di scarpata (Intervallo 2 di DELLE ROSE *et alii*, 1994); le parti soprastanti sono state interpretate come depositi di scarpata e di bacino relativamente profondo, al cui passaggio è stata riconosciuta una lacuna stratigrafica (Membri 3 e 4 di PIZZIOLO & RICCI LUCCHI, 1990; Intervalli 3 e 4 di DELLE ROSE *et alii*, 1994).

I campioni raccolti hanno fornito associazioni a nannofossili calcarei che rappresentano l'intervallo compreso fra la sottobiozona MNN1d e la sottobiozona MNN5a, e sono ben individuabili anche le biozone MNN2a (associazione a *Dictyococcites* spp, *Cyclicargolithus abisectus*, *Reticulofenestra* spp., rara *Helicosphaera euphratis* e comune *H. carteri*), MNN3a (associazione a *Helicosphaera carteri*, *H. ampliaptera*, *Sphenolithus dissimilis*, *S. belemnoides*), MNN4a e MNN4b (associazione a *Coccolithus miopelagicus*, *Helicosphaera carteri*, *H. ampliaptera*, *H. mediterranea*, *Sphenolithus heteromorphus* comune o abbondante nella prima sottobiozona, rarissimo o assente nella seconda biozona); MNN5a (associazione a comune *Sphenolithus heteromorphus*, *Helicosphaera carteri*, *Coccolithus miopelagicus*, *C. premacintyreii*). Queste associazioni suggeriscono per la formazione un'età molto estesa, dall'Aquitaniense superiore p.p. al Langhiano.

4 - UNITÀ TETTONICHE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLE

Buona parte dell'area del Foglio in esame è occupata da formazioni appartenenti alle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole. In particolare affiorano massimamente le formazioni più recenti, riferibili al Miocene, mentre formazioni anche molto più vecchie sono state attraversate dal pozzo Pieve Santo Stefano 1, descritto nel capitolo III.1, "Dati di sottosuolo" (Fig. 3).

La porzione affiorante delle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole, è costituita da due formazioni prevalentemente marnose: Bisciario (**BIS**) e Schlier (**SCH**), alle quali succede il cuneo clastico torbiditico della Formazione Marnoso-Arenacea s.l. (**FMA**), seguita a sua volta dalla formazione delle Marne di San Paolo (**SPL**). Questa successione è stata riferita, dal punto di vista geodinamico all'evoluzione di un'avanfossa che migra verso l'avanpaese (RICCI LUCCHI, 1986). In particolare le marne basali di Bisciario e Schlier rappresenta-

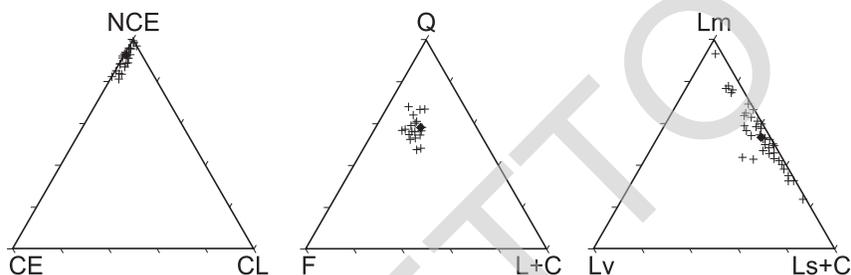
no i depositi di rampa dell'avampaese esterno ("*ramp muds*", RICCI LUCCHI, 1986). In seguito all'avanzamento della catena essi vanno a costituire la base dei depositi torbiditici di avanfossa qui rappresentati dal cuneo clastico della Formazione Marnoso-Arenacea. Successivamente anche questi depositi vengono incorporati nella catena e si vengono a trovare sulla rampa in posizione più interna. In questa fase su di essi si depositano sedimenti fini quali le Marne di San Paolo ("*draping muds*", RICCI LUCCHI, 1986).

Nel Foglio in esame la formazione largamente più affiorante delle tre sopra-descritte è senz'altro la Formazione Marnoso-Arenacea s.l., che fa parte di varie unità tettoniche.

Essa è sovrascorsa a sud-ovest (come Unità Monte Nero) dalle Unità Toscane ed è sormontata al centro (come Unità Pietralunga), e a nord-est (come Unità Ca' Romano) dall'Unità Ligure Morello. Come già detto la Formazione Marnoso-Arenacea rappresenta il riempimento dell'avanfossa appenninica nel Miocene medio-superiore, e si presenta con il tipico aspetto di alternanze pelitico-arenacee. Questa formazione rappresenta un classico esempio di deposito torbiditico di una larga avanfossa, dove la facies dominante è quella di piana bacinale, che localmente è articolata in sottobacini e alti relativi. Nei momenti di stasi degli apporti torbiditici si è avuta sedimentazione emipelagica. Il rapporto A/P e lo spessore degli strati variano con tendenza *thickening upward* nella parte inferiore, mentre nella porzione superiore la successione mostra una tendenza *thinning upward* con prevalenti marne nella parte sommitale. Le arenarie si presentano in strati da molto spessi a medi, e talora sottili, con geometria generalmente tabulare, gradazione prevalentemente da media a molto fine, e strutture sedimentarie trattive (*flute* e *groove-casts* alla base, laminazione piano-parallela nella parte inferiore, *ripples* e laminazione convoluta nella parte superiore). Le impronte di fondo indicano apporti prevalenti da WNW/NW, subordinatamente da ESE/SE.

Al tetto dei livelli arenitici le peliti sono grigie e laminate; nelle successioni meno arenacee, sopra alle peliti laminate, a diretto contatto con le areniti soprastanti, si osservano frequentemente marne siltose, grigie chiare, compatte.

La composizione delle areniti è descritta in GANDOLFI *et alii* (1983) e CIBIN *et alii* (2004). In particolare, le arenarie sono arcose caratterizzate da un elevato contenuto di quarzo, feldspati e frammenti di rocce plutoniche e gneissiche (Fig. 8). I plagioclasti prevalgono sui feldspati potassici. I frammenti di roccia a grana fine sono rappresentati da metamorfiti di basso grado, quali filladi, scisti a muscovite, cloritoscisti e serpentinoscisti, e da vulcaniti, prevalentemente acide (Fig. 8). I frammenti di dolomie e calcari micritici e spatitici caratterizzano le associazioni dei frammenti di rocce carbonatiche. Le miche sono localmente abbondanti. Il cemento calcitico rappresenta il costituente intergranulare più abbondante, anche se talora la matrice, sia silicatica che carbonatica, è presente in quantità significative.



Composizione d'insieme media NCE92,5 CE6,6 Cl0,9;
 Composizione Principale media Q57,8 F24,6 L+CE17,6;
 Composizione della frazione litica a tessitura fine dell'ossatura
 mediamente Lm52,3 Lv5,2 Ls+C42,5.

Fig. 8 - Diagrammi ternari relativi alla composizione petrografica della Formazione Marnoso - Arenacea Romagnola. Per i simboli vedi Fig. 6.

Le torbiditi con indicazioni di paleocorrenti da SE, sono invece classificabili come, areniti ibride (*sensu* ZUFFA, 1980), o calcarenitiche ("colombine" *Auct.*). Queste areniti sono più ricche in costituenti intrabacinali, in particolare in bioclasti a guscio carbonatico. I feldspati potassici sono molto abbondanti, talora prevalenti rispetto ai plagioclasti. La differente composizione appena descritta, insieme al verso delle paleocorrenti, indica differenti aree sorgenti del detrito. Queste vengono in genere individuate nelle piattaforme laziali abruzzesi poste paleogeograficamente a SE dell'avanfossa appenninica.

Oltre alle aree di provenienza delle areniti sopra descritte, dalle Alpi (NW) e dalle piattaforme Laziali Abruzzesi (SE) in accordo con GANDOLFI *et alii* (1983), è possibile ipotizzare per alcune areniti una provenienza da un'area sorgente appenninica (Appenninico I di GANDOLFI *et alii*, 1983) legata verosimilmente al riciclaggio delle precedenti successioni di avanfossa (Macigno, Arenarie del Monte Cervarola).

La ripartizione delle formazioni e delle unità tettoniche Umbro-Marchigiano-Romagnole riflette una terminologia ormai storica e ben radicata nella tradizione geologica italiana, si è quindi preferito mantenerla. Il Foglio 278 Pieve Santo Stefano occupa una posizione di raccordo tra l'area emiliano-romagnola e umbro-marchigiana, si trova dunque in un punto cruciale della catena. È per questo motivo che si è tentato di uniformare, per quanto possibile, la denominazione dei membri (in particolare per la Formazione Marnoso-Arenacea) e quella delle unità tettoniche.

Purtroppo tale tentativo è solo in parte riuscito per il fatto che, rispetto alla nomenclatura adottata già da tempo in tutti i fogli più settentrionali, nei fogli limotrofi meridionale (289 - Città di Castello) e orientale (279 - Urbino) sono state introdotte nuove unità tettoniche e formazioni, senza tenere conto che in questo modo si

è denominato in modo diverso formazioni e unità tettoniche facilmente correlabili tra di loro o addirittura in continuità fisica. L'esempio più evidente è la suddivisione della Formazione Marnoso-Arenacea in Marnoso-Arenacea Romagnola a nord, Marnoso-Arenacea Marchigiana a est e Marnoso-Arenacea Umbra a sud.

La ripartizione che segue rappresenta un tentativo di uniformare, almeno da un punto di vista strutturale, l'articolazione delle unità presenti.

Le Unità tettoniche presenti nel Foglio sono rappresentate, dall'alto da:

- a-** Unità Monte Nero articolata in due subunità: Subunità Monte della Zucca, costituita dal membro di Premilcuore della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola; Subunità Monte dei Frati costituita da Bisciario, Schlier e Formazione Marnoso-Arenacea Umbra (membri di Casa Spertaglia, di Monte Casale e di Vesina).
- b-** Unità Pietralunga, costituita dalla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (membri di Biserno, di Galeata, di Collina e di Montecoronaro) e dalle Marne di San Paolo;
- c-** Unità Ca' Romano, suddivisa in due subunità: Subunità Ca' Raffaello, costituita dalla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (membri di Civitella, di Castel del Rio e di Borgo Tossignano); Subunità Sant'Angelo in Vado, costituita esclusivamente dalla Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana, qui rappresentata dal membro di Sant'Angelo in Vado e dalla litofacies di Campo. La scelta di definire queste due subunità deriva dal fatto che esse occupano la stessa posizione strutturale, essendo entrambe al di sotto dell'Unità Pietralunga. Tuttavia i rapporti tra la Subunità Ca' Raffaello e la Subunità Sant'Angelo in Vado non sono chiari, poiché entrambe sono coperte dalle Unità Liguri che mascherano il contatto. La Subunità Sant'Angelo in Vado prosegue a est nel Foglio 279 - Urbino dove raggiunge una grande estensione.

4.1 - UNITÀ TETTONICA MONTE NERO

L'Unità Montenero è stata suddivisa in due subunità le quali, pur avendo la stessa posizione tettonica, tra l'Unità Pietralunga alla base e l'Unità Falterona al tetto, sono tra di loro separate dalla fascia di Liguridi Pieve S. Stefamo - Val Marecchia. A nord di questa fascia è ubicata la Subunità Monte della Zucca, a sud la Subunità Monte dei Frati.

Subunità tettonica Monte della Zucca

Questa subunità comprende il solo membro di Premilcuore (FMA₃) della Marnoso-Arenacea Romagnola.

4.1.1. Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (FMA)

Nell'ambito della formazione, è stato riconosciuto un solo membro, il membro di Premilcuore (FMA₃). Per quanto riguarda la composizione petrografica delle arenarie si rimanda a quanto detto all'inizio del capitolo.

membro di Premilcuore (FMA₃)

Affiora estesamente in un'unica area nel quadrante nord occidentale in corrispondenza della cresta M. Nero - M. della Zucca. Questo membro è costituito da torbiditi pelitico arenacee con un rapporto A/P variabile da 1/3 a 1/5, generalmente 1/3; nelle arenarie prevalgono sequenze Tb-Td e la parte pelitica è costituita da marnosiltiti grigie finemente stratificate. Nella parte basale sono stati osservati due strati arenacei accoppiati a grana fine, dello spessore rispettivamente di 80 e 100 centimetri, con controimpronte indicanti provenienze occidentali.

Lo spessore massimo stimato è intorno ai 700 m.

Nel membro sono state rinvenute associazioni a nannofossili calcarei appartenenti alle biozone MNN4b e MNN5a; sono distinguibili la prima per la presenza di *Helicosphaera ampliaperla* e raro *Sphenolithus heteromorphus*, la seconda per la presenza comune *S. heteromorphus*, in associazioni abbastanza simili per entrambe. L'età è riferibile al Langhiano p.p.

Subunità tettonica Monte dei Frati

Questa subunità comprende i termini più antichi delle successioni Umbro - Marchigiano - Romagnole affioranti nel Foglio, Bisciario (BIS) e Schlier (SCH), e tre membri della Marnoso-Arenacea Romagnola: i membri di Casa Spertaglia (MUM₁), di Monte Casale (MUM₂) e di Vesina (MUM₃).

4.1.2. Bisciario (BIS)

La formazione costituisce una sottile fascia ad andamento quasi nord-sud ad occidente dell'Alpe della Luna, nella parte meridionale del Foglio. Si tratta di marne, marne argillose grige e marne grigio chiare alternate a strati di arenarie e calcareniti sporche di spessore variabile da 30 a 70 cm, con rapporto A/P variabile da 1 a 1/2 a 1/3.

La base di questa formazione non è mai affiorante ed il passaggio al soprastante Schlier avviene bruscamente, con l'improvvisa scomparsa delle arenarie.

Il massimo spessore affiorante è circa 150 metri.

L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad una scarpata esterna con scarsi apporti sabbiosi (RICCI LUCCHI, 1986; AMOROSI *et alii*, 1995).

Nella formazione sono state ritrovate associazioni a nannofossili calcarei appartenenti alle biozone MNN1- MNN3a. In alcuni campioni è stato possibile specificare la sottobiozona MNN1d per la presenza di *Sphenolithus disbelemnus* in associazione con forme genericamente riferibili alla MNN1, come *Cyclicargolithus abisectus*, *Coccolithus pelagicus*, *C. miopelagicus*, *Helicosphaera euphratis*, *Sphenolithus dissimilis*, *Discoaster deflandrei*. Alle biozone MNN2a e MNN2b vengono riferite associazioni costituite da comune *Helicosphaera carteri*, rara *H. euphratis*, *Coccolithus pelagicus*, *C. miopelagicus*, *Cyclicargolithus abisectus*, *Dictyococcites* spp., cui si associa nella MNN2b *Helicosphaera ampliaperta*. La biozona MNN3a è rappresentata dalla presenza di *Sphenolithus belemnus* in associazione con *Sphenolithus disbelemnus* e le altre forme sopra citate. L'età di questa formazione è dunque riferibile all'intervallo Aquitaniano-Burdigaliano p.p..

4.1.3. Schlier (SCH)

Affiora in una sottile fascia ad andamento quasi nord-sud ad occidente dell'Alpe della Luna, nella parte meridionale del Foglio. È costituito da marne, marne argillose di colore grigio e grigio scuro con rare marne calcaree; talvolta sono presenti strati arenacei con spessori di alcuni centimetri. Il tetto di questa formazione è sempre tagliato da contatti tettonici.

Il massimo spessore affiorante è circa 200 metri.

Il passaggio alla sovrastante Formazione Marnoso-Arenacea Umbra, membro di Casa Spertaglia non è visibile in affioramento.

L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad una scarpata esterna con scarsi apporti sabbiosi (RICCI LUCCHI, 1986; AMOROSI *et alii*, 1995).

Nella formazione sono state ritrovate le biozone MNN3a e MNN3b. La MNN3a è data dalla presenza di: *Sphenolithus belemnus*, *S. disbelemnus*, *S. calyculus*, *Helicosphaera carteri*, *H. ampliaperta*, in associazione con *Coccolithus pelagicus*, *C. miopelagicus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Dictyococcites* spp., *Reticulofenestra* spp.; la zona MNN3b è dovuta all'assenza di *Sphenolithus belemnus* in una associazione uguale alla precedente. L'età è riferibile al Burdigaliano p.p.

4.1.4. Formazione Marnoso-Arenacea Umbra (MUM)

Come accennato all'inizio del paragrafo 1, nei fogli limitrofi sono state distinte nuove formazioni ed unità tettoniche. In particolare nel Foglio 289 - Città di Castello, la Formazione Marnoso-Arenacea "Romagnola" presenta alcune caratteristiche peculiari soprattutto per quanto riguarda il rapporto A/P e la presenza di alcuni strati torbiditici calcarenitici. Tali caratteristiche hanno indot-

to i compilatori del Foglio Città di Castello ad introdurre il termine di Formazione Marnoso-Arenacea Umbra, e a ripartire tale formazione in alcuni membri. Secondo la nostra opinione tale nuova denominazione non era necessaria in quanto dal punto di vista geometrico-strutturale risulta una sostanziale continuità di affioramenti tra la Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola e quella Umbra e dal punto di vista della facies composizionale è logico attendersi, in un bacino articolato e tettonicamente attivo quale quelli di avanfossa, frequenti variazioni minori latero-verticali e longitudinali specie nel rapporto A/P. Tuttavia, per permettere una maggiore leggibilità tra il Foglio 278 e quelli limitrofi, si è adeguato lo schema stratigrafico di conseguenza. I membri presenti nel Foglio sono: membro di Casa Spertaglia (**MUM₁**), membro di Monte Casale (**MUM₂**) e membro di Vesina (**MUM₃**).

membro di Casa Spertaglia (MUM₁)

Affiora diffusamente nella parte centro meridionale del Foglio attorno alla catena dell'Alpe della Luna; si tratta di torbiditi arenaceo pelitiche con rapporto A/P 1/3-1/4; gli strati arenacei sono da medi a spessi a grana media (Tb-Td) con paleocorrenti da NW. Le arenarie sono di colore marrone, mentre la parte pelitica è costituita da marnosiltiti grigie. Sono presenti torbiditi ibride, che contengono alloclasti carbonatici in percentuali talora non trascurabili.

La base di questo membro non è affiorante, ed il passaggio al soprastante membro di Monte Casale avviene per l'improvvisa comparsa di strati arenacei a grana grossolana.

Il massimo spessore affiorante è circa 300 metri.

Nei campioni esaminati sono presenti le biozone a nannofossili calcarei MNN3b, MNN4a ed MNN4b. Tutte le biozone presentano come forme comuni *Coccolithus miopelagicus*, *C. pelagicus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *C. abisectus*, *Dictyococcites* spp., *Helicosphaera carteri*, *H. euphratis*. Alle forme precedenti si associano, nei campioni riferiti alla prima biozona, *Helicosphaera ampliapertura* e raro *Sphenolithus belemnus*; alla seconda biozona *Helicosphaera ampliapertura* e comune *Sphenolithus heteromorphus*; alla terza biozona rarissima *Helicosphaera walbersdorfensis* e rarissimo *Sphenolithus heteromorphus*. L'età è riferibile al Burdigaliano p.p-Langhiano p.p.

membro di Monte Casale (MUM₂)

Affiora diffusamente nella parte centro meridionale del Foglio fra M. Sodo Pulito e Poggio Fondaccio; si tratta di torbiditi arenaceo pelitiche con rapporto A/P >> 1, in cui gli strati arenacei sono sempre molto spessi, frequentemente amalgamati ed a grana grossolana (sequenze Ta-Tb); il colore delle arenarie è marrone se alterate e grigio chiaro al taglio fresco. Alla base degli strati sono visibili impronte di fondo tipo *flute casts* che indicano provenienze da NW.

Il passaggio al soprastante membro di Vesina avviene per il progressivo ridursi dello spessore degli strati arenacei ed il contemporaneo aumento della frazione pelitica.

Lo spessore del membro è di circa 450 metri.

Nei campioni esaminati è presente la biozona a nannofossili calcarei MNN4b; l'associazione è caratterizzata da *Coccolithus pelagicus*, *C. miopelagicus*, *Cyclicargolithus abisectus*, *Reticulofenestra* spp., *Helicosphaera euphratis*, raro *Sphenolithus heteromorphus*. L'età è riferibile al Langhiano p.p.

membro di Vesina (MUM₃)

Affiora in una grande plaga in corrispondenza della parte sommitale dell'Alpe della Luna; rappresenta il termine stratigraficamente più alto di questa unità tettonica ed è costituita da torbiditi pelitico arenacee con rapporto A/P variabile da 1/2 a 1/5, generalmente 1/3; in basso le arenarie sono in strati spessi mentre verso l'alto prevalgono strati di medio spessore. Nelle arenarie prevalgono sequenze Tb-Td e la parte pelitica è costituita da marnosiltiti grigie finemente stratificate. Nella parte alta si trova lo strato di Poggio La Rocca; si tratta di un banco arenitico di 3,5 metri di spessore, gradato e con alla base una brecciola che sfuma verso l'alto in una calcarenite fine (Ta-Td). Alla sua sommità la coda è costituita da un metro di marne grigie.

Sul membro di Vesina è sovrascorsa l'Unità Pietralunga.

Il massimo spessore affiorante è circa 450 metri.

Nei campioni esaminati sono presenti le biozone a nannofossili calcarei MNN4b - MNN5a. Le due biozone sono distinte la prima per la presenza di *Helicosphaera ampliaperta* e raro *Sphenolithus heteromorphus*, la seconda per la presenza di comune *S. heteromorphus* in associazioni abbastanza simili per entrambe. L'età è dunque riferibile al Langhiano p.p.

4.2 - UNITÀ TETTONICA PIETRALUNGA

L'Unità Pietralunga, compresa tra l'Unità Ca' Romano alla base e l'Unità Monte Nero al tetto, comprende sei membri della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola, e le sovrastanti Marne di San Paolo (MSP).

4.2.1 - Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola

Nell'ambito della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola, in questa unità tettonica sono stati riconosciuti cinque membri e all'interno di uno di questi è stata individuata una litofacies: membro di Biserno (FMA₁), membro di Corniolo (FMA₂), membro di Galeata (FMA₄) con la litofacies di Montelabreve (FMA_{4a}), membro di Collina (FMA₅) e membro di Montecoronaro (FMA₆).

Per quanto riguarda la composizione petrografica delle areniti, essa è molto omogenea in tutti i membri, e pertanto viene descritta brevemente in questa sede. Le analisi sono state condotte al fine di caratterizzare e classificare la frazione arenitica della parte prevalente della formazione, evitando quindi strati anomali per facies deposizionale, per composizione e per sorgente. Nel complesso le arenarie studiate (DI GIULIO & VALLONI, 1992; CIBIN & DI GIULIO, 1996) sono extrareniti non carbonatiche; risultano avere un'ossatura terrigena a composizione feldspatico-litica e frazione litica dell'ossatura abbastanza equamente ripartita fra frammenti di rocce metamorfiche e frammenti di rocce sedimentarie in larga misura carbonatiche (Fig. 8).

membro di Biserno (FMA₁)

È questo il membro basale della formazione. Affiora in un piccolo settore al limite nord del Foglio ed in posizione rovesciata per effetto del sovrascorrimento delle soprastanti Unità Liguri. È costituito da alternanze di peliti prevalenti con subordinate arenarie e depositi emipelagici, costituiti da marne. Il rapporto arenite/pelite è generalmente 1/4-1/5. Gli strati arenitici sono sottili e medi, raramente spessi. Frequenti sono le impronte di corrente di tipo *flute cast* e *groove cast* alla base. Questo membro mostra analogie con il membro di Casa Spertaglia (MUM₁), per la presenza di torbiditi ibride.

Il contatto con il sovrastante membro di Corniolo non è affiorante.

Lo spessore di questo membro nell'area esaminata è di circa 400 metri.

Nei campioni raccolti sono state riconosciute associazioni a nannofossili indicative delle biozone MNN3b - MNN4b - MNN5a di FORNACIARI *et al.* (1996). Tutte le biozone presentano come forme comuni *Coccolithus miopelagicus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Cyclicargolithus abisectus* *Dictyococcites* spp., *Helicosphaera carteri*, *Helicosphaera euphratis*. Alle forme precedenti si associano, nei campioni riferiti alla prima biozona, *Helicosphaera ampliaperta* e raro *Sphenolithus belemnus*; alla seconda biozona *Helicosphaera ampliaperta* e comune *Sphenolithus heteromorphus*; alla terza biozona rarissima *Helicosphaera walbersdorfensis* e rarissimo *Sphenolithus heteromorphus*. L'età di questo membro è quindi riferita al Burdigaliano p.p. - Langhiano p.p.

membro di Corniolo (FMA₂)

Affiora ampiamente e prevalentemente nel quadrante sud orientale del Foglio; si tratta di torbiditi pelitico arenacee con rapporto A/P = 1/3 - 1/4. Le arenarie sono in strati prevalentemente molto sottili e subordinatamente sottili e medi a grana fine e di colore grigiastro (intervalli Tb-Td della sequenza di Bouma). Alla base degli strati arenacei sono ben visibili impronte di corrente tipo *flute cast* che indicano provenienze da NW.

La base di questo membro affiora nel settore settentrionale del foglio mentre il tetto è costituito dallo strato Contessa al di sopra del quale il passaggio con il soprastante membro di Galeata (con il quale si ha una parziale eteropia) avviene con il rapido aumento dell'apporto arenaceo e la comparsa di strati a composizione carbonatica.

Il massimo spessore affiorante è di circa 600 metri.

Nei campioni raccolti sono state individuate, con i nannofossili calcarei, le biozone MNN4b, MNN5a ed MNN5b. Come discriminante fra le associazioni delle sottobiozone MNN5a e MNN5b è stata utilizzata la presenza comune e continua di *Helicosphaera walbersdorfensis*, caratteristica distintiva della sottobiozona MNN5b. A questo membro è stata quindi attribuita un'età Langhiano p.p.

membro di Galeata (FMA₄)

Affiora diffusamente nella parte orientale del Foglio. Alla sua base è stata riconosciuta una litofacies arenacea denominata *litofacies di Montelabreve*.

litofacies di Montelabreve (FMA_{4a}). Si tratta di torbiditi pelitico arenacee con rapporto A/P = 1/4 - 1/5. Le arenarie sono in strati molto sottili e subordinatamente sottili e medi a grana fine e di colore grigiastro (sequenze Tb-Td). Localmente sono presenti spessori fino a 30 metri con A/P ~ 1/3. Alla base degli strati arenacei sono ben visibili impronte di corrente tipo *flute cast* che indicano provenienze da NW. All'interno di questa litofacies, ad un livello stratigrafico che non è stato possibile determinare, è stato rilevato lo strato Contessina; si tratta di un bancone arenitico con spessore di 2,5-3,0 metri che sfuma verso l'alto ad una calcarenite fine. Questo strato è stato correlato da DE DONATIS (1992) con lo "strato di Poggio La Rocca" del membro di Premilcuore, Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (coincidente con il membro di Vesina, Unità Monte Nero, Subunità Monte dei Frati).

La base di questa litofacies non affiora ed il tetto può raggiungere lo strato Contessa.

Lo spessore affiorante è circa 400 metri, quello totale, risultante dalle sezioni geologiche è di circa 1000 m.

Facies tipica (FMA₄). È costituita da torbiditi arenaceo-pelitiche con rapporto A/P compreso fra 1 e 1/4. Le arenarie, con paleocorrenti da NW, si presentano in strati da sottili a molto spessi, con notevole variabilità anche alla scala dell'affioramento; la grana rimane sempre fine, anche alla base degli strati di maggior spessore (sequenze Tb-Td con intervallo Tc molto sviluppato). La frazione pelitica è costituita da marnosiltiti fini grige. Talora sono riconoscibili orizzonti di marne biancastre compatte con spessori che possono raggiungere anche i due metri. Abbondanti sono gli apporti calcarenitici (colombine) con prove-

nienze sud orientali. Si tratta di calcareniti fini di colore grigio chiaro con spessore massimo 1,20 metri. Questo membro contiene lo strato Contessa che talora raggiunge il limite con la sottostante litofacies di Montelabreve (**FMA_{4a}**) o, nei settori più orientali, con il membro di Corniolo (**FMA₂**). Si tratta di un banco di spessore variabile da 3 a 4 metri di una calcarenite ibrida fine a base arenacea e con evidenti paleocorrenti da SE; al tetto è quasi sempre visibile una “coda” di marnosiltiti fini grigie che può raggiungere anche gli 8 metri di spessore.

Questo membro è in rapporti di parziale eteropia con il membro di Collina (**FMA₅**) ma può anche passare direttamente alle sovrastanti Marne di San Paolo (**SPL**). In questo secondo caso il passaggio avviene per alternanza in uno spessore di circa 30 metri. Il passaggio latero-verticale con il membro di Collina avviene con gradualità, per progressiva diminuzione della frazione arenitica.

Lo spessore di questo membro è di circa 450 metri.

Nella litofacies di Montelabreve sono state individuate associazioni a nannofossili calcarei riferibili alle biozone MNN4b, MNN5a e MNN5b. Come discriminante fra le associazioni delle zone MNN5a e MNN5b è stata utilizzata la presenza comune e continua di *Helicosphaera walbersdorfensis*, che caratterizza la MNN5b. L'età della litofacies di Montelabreve è quindi Langhiano p.p.

Nei campioni raccolti nella parte basale della facies tipica, sono state documentate, con nannofossili calcarei, le biozone MNN5 (talora è stato possibile evidenziare la presenza di *Helicosphaera walbersdorfensis* specificando la zona MNN5b) e MNN6 con le sottobiozone MNN6a e MNN6b. Queste ultime hanno in comune associazioni caratterizzate dalla presenza di *Calcidiscus leptopus*, *C. premacintyrei*, *Coccolithus miopelagicus*, *C. pelagicus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Dictyococcites* spp., *Helicosphaera carteri*, *H. intermedia*, rara *H. walbersdorfensis*, *Reticulofenestra pseudoumbilicus*. Quest'ultima forma, rara nella biozona MNN6a diviene comune e marca la base della MNN6b. La parte alta del membro, in prossimità del passaggio alle Marne di San Paolo, contiene associazioni riferibili alla biozona MNN7, fra le forme riconosciute sono presenti: *Calcidiscus leptopus*, *C. macintyrei*, *Reticulofenestra pseudoumbilicus*, *H. carteri*, *H. stalis* (rara), *H. walbersdorfensis* (rara); l'assenza di *Coccolithus miopelagicus* indicherebbe la parte alta della MNN7 (FORNACIARI *et alii.*, 1996). L'età della base del membro di Galeata è quindi riferibile al Langhiano superiore (biozona MNN5b) mentre il passaggio alle sovrastanti Marne di San Paolo è stato attribuito al limite Serravalliano-Tortoniano (parte alta della biozona MNN7).

membro di Collina (FMA₅)

Affiora sia nel settore centro-settentrionale del Foglio, lungo i monti circostanti la valle del F. Marecchia, sia nella parte nord occidentale, in prossimità dell'abitato di Pratieghi e in due grandi plaghe nella parte sud-orientale del Foglio. Si tratta di torbiditi pelitico arenacee con A/P compreso fra 1/4 e 1/6. Le

arenarie sono di colore marrone, in strati molto sottili a grana fine (sequenze Tb-Td) e mostrano paleocorrenti da NW, mentre la parte pelitica è costituita da marnosiltiti grigie finemente stratificate. Sono frequenti gli strati di calcareniti fini di colore grigio chiaro spessi da 20 a 40 centimetri e con provenienze da SE.

La base di questo membro raggiunge talora lo strato Contessa; alternativamente il passaggio laterale al membro di Galeata avviene per progressivo aumento della frazione arenitica. Al tetto questo membro è sempre limitato da contatti tettonici.

Il massimo spessore affiorante è circa 300 metri.

Alla base sono presenti associazioni a nannofossili calcarei della biozona MNN5b rappresentate da comune *Sphenolithus heteromorphus*, *Helicosphaera carteri*, *Coccolithus miopelagicus*, *C. premacintyreii* e *H. walbersdorfensis*; in assenza del passaggio alla formazione soprastante, è stata campionata la porzione superiore, che ha fornito associazioni a nannofossili calcarei a *Calcidiscus leptoporus*, *C. macintyreii*, *C. miopelagicus*, *Helicosphaera carteri*, *H. walbersdorfensis* (rara), *H. orientalis* (rara), *Reticulofenestra pseudoumbilicus*, tipiche della biozona MNN7. L'età della base è quindi del Langhiano superiore mentre l'età del tetto è riferibile al Serravalliano superiore p.p.

membro di Montecoronaro (FMA₆)

Sinonimi: *Marne di Verghereto* Auctt. p.p.

Affiora in un'unica grande plaga nel settore nord occidentale del Foglio ed è costituito da torbiditi pelitico arenacee con $A/P < 1/6$. Le arenarie sono di colore marrone, in strati molto sottili a grana fine, mentre la parte pelitica è costituita da marnosiltiti grigie finemente stratificate. Sono presenti *slump* intraformazionali.

La base di questo membro, che costituisce una parziale eteropia con il membro di Collina, non è affiorante ed il passaggio alle sovrastanti Marne di San Paolo avviene con la progressiva diminuzione della componente arenitica. Nella letteratura precedente questo membro costituiva la parte inferiore delle Marne di Verghereto Auctt. (DE DONATIS, 1992)

Il massimo spessore affiorante è di circa 250 metri.

I campioni provenienti da questo membro hanno fornito associazioni a nannofossili calcarei appartenenti alle biozone MNN6a, MNN6b, MNN7. La letteratura attribuiva questo membro alla biozona MNN7, tuttavia un campione prelevato in prossimità di Colorio, nella parte nord occidentale della carta, in cui mancano nell'associazione *Helicosphaera walbersdorfensis* e *Coccolithus miopelagicus*, permetterebbe di riferire il membro anche alla sottobiozona MNN8a. L'età è dunque riferibile al Serravalliano p.p.- Tortonianiano inferiore p.p.

4.2.2 - Marne di San Paolo (SPL).

Sinonimi: *Marne di Verghereto* Aucutt. p.p.

Le Marne di San Paolo (Fig. 9) rappresentano il termine stratigraficamente più alto dell'Unità Pietralunga e sono costituite da marne e marne argillose grigio azzurre in strati generalmente sottili con sporadici sottili livelli di arenarie fini. Sono localmente presenti *slump* intraformazionali. Gli affioramenti di questa formazione danno origine spesso a tipiche morfologie calanchive e sono presenti nell'estremo quadrante nord occidentale ed in due strette fasce che bordano la Lente del Presale (DE DONATIS, 1992).

Il passaggio basale al membro di Montecoronaro avviene per progressivo aumento della componente marnosa. Sebbene l'età dei membri di Galeata e di Collina raggiunga il Serravalliano superiore, le marne di San Paolo si trovano solamente al tetto del membro di Montecoronaro.

Il massimo spessore affiorante è circa 250 metri.

Queste marne si sono probabilmente deposte nella parte superiore della scarpata interna del bacino dell'avanfossa. La sedimentazione è stata interrotta dalla messa in posto della coltre ligure della Val Marecchia.

Campioni raccolti alla base, presso Badia Tedalda, hanno fornito associazioni a nannofossili calcarei rappresentate da *Calcidiscus leptoporus*, *C. macintyreii*, *R. pseudoumbilicus*, *H. carteri*, *H. stalis* (rara), *H. walbersdorfensis* (rara); l'assenza di *C. miopelagicus* indicherebbe la parte alta della MNN7 (FORNACIARI *et alii*, 1996). Campioni prelevati nell'area di Pratieghi sono attribuibili alla biozona MNN9 per la presenza di *Calcidiscus leptoporus*, *C. macintyreii*, *C. miopelagicus*, *Dictyococcites* spp, *Helicosphaera carteri*, *H. stalis*; caratteristica è la presenza di esemplari di *Discoaster* appartenenti al gruppo *bellus*. L'età della base è dunque attribuibile al Serravalliano superiore p.p., il tetto raggiunge il Tortonian inferiore p.p.

4.3 - UNITÀ TETTONICA CA' ROMANO

Questa unità costituisce la porzione più profonda dell'edificio a falde del Foglio in esame, ed è tettonicamente sottostante all'Unità Pietralunga. Analogamente all'Unità Monte Nero, anche nell'Unità Cà Romano sono state distinte le due diverse subunità: Subunità Ca' Raffaello e Subunità Sant'Angelo in Vado. I rapporti tra queste due subunità non sono accessibili all'osservazione diretta in quanto coperti dalle Unità Liguri.

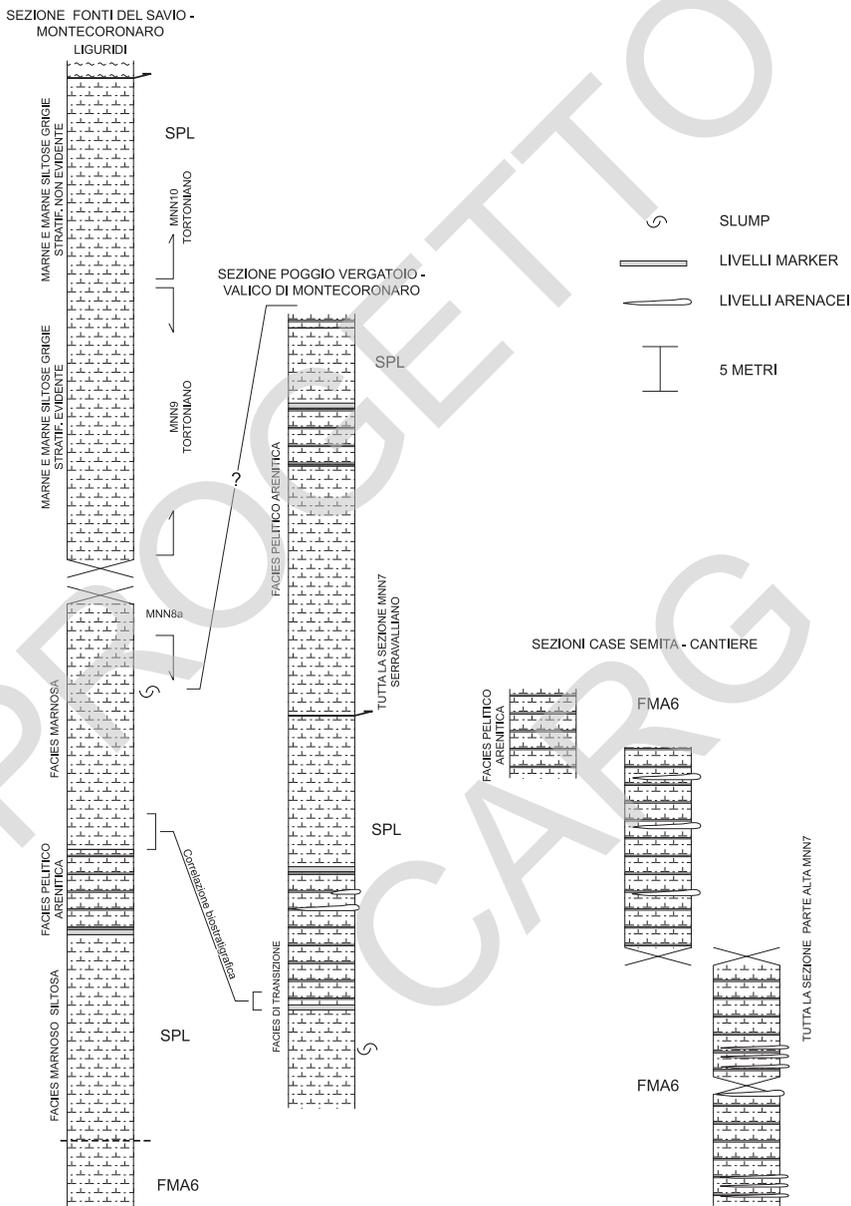


Fig. 9 - Successione stratigrafica misurata e campionata presso Verghereto, al passaggio tra il membro di Montecoronaro della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola e le Marne di San Paolo.

Subunità tettonica Ca' Raffaello

Questa subunità affiora esclusivamente nel settore nord-orientale del Foglio, a nord delle Liguridi della Colata della Val Marecchia, ed è costituita dalla sola Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola, con due membri: membro di Civitella di Romagna (**FMA₉**) e di Castel del Rio (**FMA₁₂**).

4.3.1 - *Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (FMA)*

Per la descrizione generale della formazione si rimanda al paragrafo 4.2.1. In questa unità la formazione è stata suddivisa in tre membri: membro di Civitella di Romagna (**FMA₉**), membro di Castel del Rio (**FMA₁₂**), membro di Borgo Tossignano (**FMA₁₄**). Questi ultimi due membri costituiscono piccoli lembi discontinui e non molto significativi. La loro identificazione è stata possibile sulla base della maggiore estensione che presentano nel Foglio 266 - Mercato Saraceno, a nord del Foglio in esame.

membro di Civitella di Romagna (FMA₉)

È costituito da torbiditi pelitico-arenacee quarzoso-micacee e da rare emipelagiti; il rapporto arenite/pelite è generalmente compreso tra 1/5 e 1/10. Le arenarie, principalmente a grana media, hanno strati da sottili a spessi, raramente molto spessi. In un affioramento in prossimità del limite settentrionale del Foglio, a nord di Casa Capriola, sono state individuate torbiditi arenacee in strati di spessore superiore al metro (rapporto A/P ~ 1) con arenarie grossolane appartenenti quasi esclusivamente all'intervallo Ta della sequenza di Bouma. Le arenarie sono gradate, da medie a fini, con numerose strutture sedimentarie torbiditiche. Nella successione sono intercalate arenarie marnose e marne più o meno sabbiose e orizzonti più arenacei che diventano sempre più frequenti verso l'alto. La frazione pelitica è costituita prevalentemente da marne argillose. Sono presenti siltiti molto compatte in strati sottili e in masse rotondeggianti decimetriche di colore avana all'alterazione e grigio-scuro al taglio fresco. Talora affiorano livelli spessi fino a 30 cm di arenarie scarsamente cementate senza un'apparente gradazione granulometrica. Localmente, presso Miratoio, questo membro contiene olistoliti di dimensioni ettometriche e cartografabili di formazioni appartenenti alla Successione Epiligure: Formazione di San Marino, (**sm**) e Formazione del Monte Fumaiolo, membro di Monte Aquilone (**mf**), e olistostromi di dimensioni non cartografabili, di materiale proveniente dalle Unità Liguri (Formazione di Monte Morello, Formazione di Sillano e ofioliti).

Il massimo spessore affiorante è circa 300 metri.

I numerosi campioni esaminati contengono associazioni a nannofossili calcarei che consentono di individuare le biozone MNN6, MNN7, MNN8 e MNN9.

Le specie delle prime tre biozone sono state ampiamente citate nelle formazioni e membri precedenti (membri di Galeata, Collina, Montecoronaro e Marne di San Paolo) e nei campioni esaminati presentano le stesse forme. In particolare, l'ultima biozona è caratterizzata dalla presenza di *Coccolithus leptoporus*, *C. macintyreii*, *C. miopelagicus*, *Dictyococcites* spp., *Reticulofenestra* sp., *R. pseudoumbilicus*, *Helicosphaera carteri*, *H. orientalis* (rara) e *H. stalis* (rara), *H. intermedia*, *Catinaster* sp., *C. coalitus*, *Discoaster broweri*. Caratteristica è inoltre la presenza di esemplari di *Discoaster* appartenenti al gruppo *bellus*. Si può quindi attribuire l'età del membro al Serravalliano - Tortoniano inferiore.

membro di Castel del Rio (FMA₁₂)

Affiora in un piccolo lembo al limite settentrionale del Foglio. È costituito da arenarie prevalenti, da grossolane a fini, in letti arenacei da molto sottili a spessi, in minor misura molto spessi e subordinati banchi. Il rapporto arenite/pelite varia generalmente da 1/2 a 10, con moda uguale a 3.

Lo spessore complessivo del membro è di poche decine di metri.

Non sono stati raccolti campioni per la biostratigrafia. L'età del membro, in base alla letteratura (ANTOLINI & CREMONINI, 1991; ANTOLINI *et alii.*, 2001) è riferita al Tortoniano p.p.

membro di Borgo Tossignano (FMA₁₄)

Rappresenta il membro stratigraficamente più alto della Marnoso-Arenacea Romagnola; è costituito da alternanze di arenarie e peliti di tipo torbiditico, con rapporto arenite/pelite sempre inferiore a 1. Prevalgono le marne, talora argillose, con emipelagiti grigie e grigio-azzurre; gli strati arenacei sono medi e sottili, raramente spessi mentre le arenarie sono fini, raramente medie.

Sul membro di Borgo Tossignano è sovrascorsa l'Unità Pietralunga.

Lo spessore è di poche decine di metri.

Anche in questo membro non sono stati raccolti campioni per la biostratigrafia. Sulla base della letteratura (ANTOLINI & CREMONINI, 1991; ANTOLINI *et alii.*, 2001), l'età è riferibile al Tortoniano superiore - Messiniano inferiore

Subunità tettonica Sant'Angelo in Vado

Questa subunità affiora in un piccolo settore al limite orientale del Foglio, a sud delle Liguridi della Colata della Val Marecchia. Essa è largamente affiorante nel Foglio 279 - Urbino dove è stata istituita. Nel Foglio in esame è costituita esclusivamente dalla Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana, qui rappresentata dal membro di Sant'Angelo in Vado (FAM₁) con la litofacies di Campo (FAM_{1a}).

4.3.2 - Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana (FAM)

In questa sede è sufficiente ricordare che questa formazione rappresenta il riempimento dell'avanfossa appenninica esterna relativo al Miocene medio-superiore. I depositi torbiditici poggiano (al di fuori dell'area del Foglio) su sedimenti di rampa esterna rappresentati dallo Schlier.

membro di Sant'Angelo in Vado (FAM₁)

Nel piccolo settore di affioramento, questo membro è costituito prevalentemente da peliti e subordinatamente da arenarie. Il rapporto arenaria pelite è infatti circa 1/5-1/6. Gli strati di arenarie sono sottili e spessi, raramente molto spessi. Localmente sono presenti strati arenacei metrici.

Di questo membro non affiora la base, ma nel Foglio 279 - Urbino esso poggia sullo Schlier. Verso nord il membro scompare al di sotto della coltre delle Unità Liguri, mentre ad ovest è sovrascorso dall'Unità di Pietralunga.

Lo spessore affiorante di questo membro è dell'ordine di qualche centinaio di metri.

L'età, è attribuibile al Tortoniano p.p. sulla base dei campionamenti effettuati nell'adiacente Foglio 279 - Urbino.

litofacies di Campo (FAM_{1a}). Nella porzione inferiore del membro di Sant'Angelo in Vado è stata distinta una litofacies denominata litofacies di Campo in analogia con quanto fatto nell'adiacente Foglio 279 - Urbino. Questa litofacies, istituita informalmente da DE FEYTER (1991), come formazione delle Marne di Campo, è caratterizzata litologicamente da siltiti e marne siltose e argillose e subordinatamente da arenarie. Nell'insieme il rapporto A/P è mediamente 1/10.

Lo spessore affiorante è dell'ordine di qualche decina di metri.

L'età è riferibile al Tortoniano inferiore (biozone MNN8b, *Helicophaera stalis*) sulla base dei campionamenti effettuati nell'adiacente Foglio 279 - Urbino.

5 - DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

Nell'area del Foglio sono presenti diffusamente depositi quaternari continentali. Essi sono riferiti essenzialmente a coperture detritiche, dovute ad alterazione superficiale delle rocce del substrato, con trasporto minimo, e ad ammassi frangenti di materiale litoide, nei quali il movimento è stato di maggiore entità. Questi ultimi presentano caratteristiche assai varie da luogo a luogo. Altre tipologie di depositi continentali quaternari sono quelli alluvionali, affioranti lungo i principali corsi d'acqua, e i depositi lacustri della piccola conca intermontana di San Cassiano.

La cartografia di questi depositi è basata, oltre che sul riconoscimento diretto in campagna, anche sul controllo delle foto aeree di voli e quote differenti, per valutare ad esempio l'attività o la quiescenza degli ammassi franosi. Tuttavia lo stato di fratturazione, di alterazione e la posizione topografica fa sì che spesso tali depositi siano stati e siano attualmente oggetto di attività antropiche. Questo ha reso difficile lo studio di dettaglio degli affioramenti. Per questo sui depositi franosi non sono state effettuate indagini specifiche e approfondite, come sondaggi, prove di laboratorio o messa in opera di inclinometri, ecc.

5.1 - DEPOSITI DI FRANA (**a₁**)

L'area del Foglio è caratterizzata da una franosità diffusa. In particolare essa caratterizza litologie pelitiche e marnose che, in presenza di piovosità intensa, tipica di queste aree montane e di spartiacque, con pendii molto acclivi e assetto geometrico sfavorevole alla stabilità, presentano le condizioni per sviluppo di ammassi franosi. Come si può osservare dalla carta, le aree che mostrano una più alta concentrazione di frane sono quelle dove affiorano le litologie pelitiche delle Unità Liguri, come le Formazioni di Sillano e di Villa a Radda; subordinatamente sono interessate anche le litologie a basso rapporto A/P delle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole, come ad es. il membro di Montecoronaro della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (**FMA₆**) e le Marne di San Paolo (**SPL**).

La tipologia delle frane è fortemente condizionata dalle caratteristiche litologiche del substrato: i litotipi stratificati e costituiti da alternanze di livelli arenacei o calcarei con livelli pelitici o marnosi favoriscono lo sviluppo di frane di scorrimento, rotazionale e/o traslativo, in particolar modo sui versanti con giacitura degli strati a franapoggio. Più raramente si osservano fenomeni franosi in corrispondenza di faglie o sovrascorrimenti, anche se risulta difficile stabilire un preciso rapporto di causa-effetto.

Frane di crollo o miste, di crollo e scorrimento, caratterizzano invece versanti molto acclivi su terreni litoidi.

Dove affiorano terreni prevalentemente argilloso-marnosi (brecce argillose, unità argilloso-calcaree e formazioni argillose), prevalgono frane di colata o di tipo complesso, colate e scorrimenti traslativi e fenomeni di soliflusso (*creeping*).

In carta i depositi di frana sono indicati con la medesima sigla **a₁**. Tuttavia, sulla base delle caratteristiche di affioramento (o desunte dall'esame delle foto aeree), i depositi franosi possono essere riferiti alle tre seguenti tipologie:

- Deposito di frana in evoluzione: accumuli di materiale eterogeneo ed eterometrico con indizi di movimento prevalentemente ad opera della gravità;
- Deposito di frana senza indizi di evoluzione: accumuli di materiale etero-

geneo ed eterometrico dovuti a gravità, senza indizi di movimenti in atto o recenti. Da segnalare la frana storica di Pieve Santo Stefano che nel febbraio 1855 ostruì il corso del fiume Tevere provocando a monte la formazione di un lago che sommerse il paese (si veda CENCETTI & VIGLIONE, 1995, per una dettagliata descrizione e ricostruzione storica).

- Deposito di frana in grossi blocchi: depositi di frana senza indizi di evoluzione costituiti prevalentemente da blocchi plurimetrici costituiti in genere da calcareniti della Formazione di San Marino. Generalmente i blocchi calcarei sono immersi in una matrice che può superare in percentuale il volume dei blocchi stessi. La composizione della matrice è generalmente argilloso limosa ed è influenzata dalla litologia del substrato, costituito dalle Formazioni di Sillano o di Villa a Radda.

Per la descrizione particolareggiata di alcune di queste frane, presenti nell'area del Sasso di Simone e Simoncello, si veda il paragrafo 5 del capitolo VII.

L'età di tutti i depositi franosi riportati in carta è stata riferita all'Olocene, dato che non sono stati individuati depositi di frane antiche.

5.2 - COPERTURE DETRITICHE (a, a₃, b₂, h)

Sono stati raggruppati in questa categoria i depositi con trasporto pressoché nullo e in cui non vi è stata l'opera selettiva di agenti di trasporto, ad eccezione della gravità, del ruscellamento superficiale e dell'alterazione in loco. In particolare si tratta di:

- *Deposito di versante (a)*: accumuli di materiale incoerente in genere eterometrico ed eterogeneo, accumulato e talora modellato sui versanti o accumulato in valle, la cui composizione riflette in genere quella delle rocce circostanti;
- *Detrito di falda (a₃)*: depositi incoerenti costituiti da clasti eterometrici a spigoli vivi delle formazioni di provenienza, accumulati in situ. Affiorano alla base di scarpate rocciose costituite dalle Formazioni Marnoso-Arenacea Romagnola e Umbra, di San Marino e del Monte Fumaiolo. Quando la composizione è carbonatica può essere presente un certo grado di cementazione, o più correttamente, i clasti risultano "saldati" gli uni agli altri senza una vera e propria matrice. Se la matrice è presente essa risulta in genere sabbiosa nelle litologie arenacee.
- *Coltre eluvio-colluviale (b₂)*: depositi derivanti da alterazione *in situ* delle formazioni del substrato che in alcuni casi hanno subito modesti trasporti ad opera delle acque di ruscellamento. In termini composizionali i depositi sono influenzati dalla roccia del substrato. Su questa base è possibile suddividere i detriti in due gruppi: quello con substrato arenitico o carbonatico (Formazioni

Marnoso-Arenacea Romagnola e Umbra, di Monte Morello, del Monte Falterona, del Monte Fumaiolo e di San Marino), che è costituito da clasti eterometrici a spigoli vivi in abbondante matrice limoso sabbiosa; quello con substrato prevalentemente argillitico o marnoso (Marne di Vicchio, Marne di San Paolo, Formazione di Antognola, Marne Varicolori di Villore, Formazioni di Sillano e di Villa a Radda) che è costituito da argille e limi prevalenti, con rari inclusi, generalmente calcarei e marnosi, a spigoli vivi.

- *Deposito antropico (h)*: si tratta soltanto di una grande rilevato stradale localizzato lungo la S.S. 3 bis, circa 1 km a sud di Pieve S. Stefano. Il deposito è costituito presumibilmente da terreno di riporto e pezzame litoide debitamente compattato. La vegetazione che ne ricopre i pendii e lo strato di asfalto che lo copre a lato della strada ne impediscono totalmente l'osservazione.

L'età dei depositi detritici del Foglio può essere riferita al Quaternario. In particolare riteniamo probabile un'età olocenica per i Depositi di versante e per i Detriti di falda, mentre non possiamo escludere il Pleistocene superiore per i detriti eluvio-colluviali posti a quote più elevate. Ovviamente il Deposito antropico è stato riferito all'Olocene.

5.3 - DEPOSITI ALLUVIONALI E LACUSTRI (b, bn, b₁, e₂)

Di questa terza tipologia di deposito quaternario continentale fanno parte quei terreni deposti ad opera di un agente di trasporto attivo come l'acqua in ambiente fluviale e subordinatamente lacustre. La cartografia dei depositi alluvionali e lacustri ha seguito un criterio litostratigrafico. Non si è infatti seguito il criterio allostratigrafico dal momento che esso avrebbe richiesto una correlazione dei depositi lungo tutto il bacino fluviale. L'area del Foglio si trova in catena, con conseguente scarso sviluppo dei bacini fluviali e possibili confluenze a valle, fuori dall'area del Foglio. Ciò avrebbe portato ad una poco pratica proliferazione di nomi, senza considerare la mancanza di correlabilità tra bacino e bacino.

In particolare sono state distinte quattro diverse tipologie di depositi:

- *Deposito alluvionale e fluvioglaciale (b)*: depositi attualmente in sedimentazione ad opera dei fiumi che scorrono nell'area del Foglio. Questi sono a prevalente carattere torrentizio, visto che anche i fiumi maggiori (ad esempio il Tevere ed il Marecchia) solcano l'area con la parte iniziale del loro corso, caratterizzato da una dinamica estremamente attiva con piene che nelle stagioni più piovose si susseguono rapidamente cambiando il corso del fiume e la disposizione dei sedimenti. Il trasporto solido è quindi prevalentemente ghiaioso ma non sono rari veri e propri massi. Più raramente si hanno barre con

sedimenti sabbiosi e limosi. Per questa ragione non è stato possibile cartografare i sedimenti alluvionali sulla base della loro granulometria.

Lungo l'alveo del Fiume Tevere, in destra orografica, circa due km a sud di Valsavignone, in località Molino di Bulciano, allo sbocco di due piccole valli laterali, piuttosto strette, sono presenti depositi costituiti da ghiaie, sabbie e limi, mal classati, con aspetto caotico. Questi depositi presentano, in pianta, la tipica forma a ventaglio ed una sezione leggermente convessa e sono stati interpretati come conoidi alluvionali. Sono stati riconosciuti soprattutto per la loro morfologia tipica, poiché sono sede di sfruttamento da parte dell'uomo e sono occupati da coltivazioni. Un'altra piccola conoide alluvionale è stata individuata presso Dagnano di Sotto. Di essa è ben riconoscibile la tipica forma a ventaglio. Tuttavia la conoide sembra attualmente disattivata in quanto il fiume scorre lateralmente ad essa e sembra non avere relazioni con il deposito. Infatti il materiale detritico di conoide costituito da clasti serpentiniti, di dimensioni da centimetriche a plurimetriche e secondariamente da clasti marnosi e calcarei con dimensioni medie di 3-5 cm dispersi in abbondante matrice sabbiosa grossolana, risulta rimaneggiato e parzialmente riabborato superficialmente a conferma della disattivazione della conoide.

L'età dei depositi alluvionali, sebbene non determinabile, può essere riferita all'Olocene, dato che si tratta di sedimenti attuali in corso di accumulo mentre le conoidi più settentrionali sono ancora sede di sedimentazione, lungo l'alveo dei torrenti che le solcano.

- *Deposito alluvionale terrazzato (b_n)*: si tratta di sedimenti alluvionali posti ad una quota più elevata rispetto all'alveo attuale e modellati in morfologie sub pianeggianti, che si ritrovano lungo l'alveo dei principali fiumi (Tevere, Marecchia e, nel settore orientale del Foglio, Meta e Auro). Dal punto di vista litologico sono prevalentemente costituiti da ghiaie e subordinatamente da sabbie e limi. Depositi di questo tipo sono presenti anche lungo fiumi minori. Non è stato tuttavia possibile classificare questi depositi in ordini sistematici poiché non sono stati mai rinvenuti in più ordini sovrapposti posti a quote fisse rispetto all'alveo. Né è stato possibile correlare terrazzi relativi a fiumi diversi e relativi ai versanti tirrenico e adriatico. Pertanto sono stati indicati in carta con la sigla generica b_n .

Un caso interessante è rappresentato dai fiumi Meta e Auro (Valle del Metauro), nel quadrante sud orientale del Foglio, che attualmente si presentano in erosione, con il substrato affiorante lungo l'alveo attuale. La valle fluviale è però molto ampia e presenta ai lati del corso del fiume, caratterizzati da lievi e dolci pendii, sedimenti fluviali terrazzati di epoche precedenti. Questo significa che in tempi recenti l'area ha subito un rapido sollevamento che ha portato alla re-incisione dei sedimenti fluviali e all'erosione del substrato.

A questi depositi è stata attribuita una generica età Pleistocenica superiore-Olocenica in quanto non si dispone di datazioni precise di fossili, suoli o industrie litiche relative alle varie superfici, che consentano determinazioni più precise.

- *Deposito lacustre (e₂)*. Si tratta dei depositi presenti nella piccola conca intermontana di S. Cassiano posta a circa 3 km a SW di Pieve S. Stefano. Il fondo della conca risulta piatto ed intensamente coltivato e modellato. Le condizioni di affioramento sono pessime e i rarissimi affioramenti hanno consentito di riconoscere argille e limi di colore da azzurro a bruno e più raramente livelli di ciottoli arrotondati e degradati dall'alterazione. La composizione dei ciottoli riflette quella del substrato affiorante nelle vicinanze (Formazione di Monte Morello, Arenarie del Monte Fumaiolo e Formazione di San Marino). BORTOLOTTI (1962) stima la profondità massima raggiunta dal lago in circa 30-40 m, sulla base della quota dei sedimenti del substrato la cui alterazione sembra essere imputabile all'azione delle acque del lago. Inoltre lo stesso autore ipotizza che lo svuotamento del lago possa essere stato causato dall'erosione regressiva del Fosso Otro, che avrebbe eroso la soglia a SE. Relativamente allo spessore dei sedimenti lacustri, poco si può dire sulla base dei rilievi di campagna. È comunque da segnalare che il Pozzo Pieve Santo Stefano 1 (vedi paragrafo 1.1; ANELLI *et alii*, 1994, e Fig 3) riporta circa 66 m di argille grigie, verdi e brune, probabilmente riferibili ad ambiente lacustre. L'età dei sedimenti del lago di San Cassiano non è definibile in maniera certa. I sedimenti lacustri sono discordanti su tutti quelli del substrato e sono sormontati da coltri eluviali-colluviali accumulate lungo i margini della conca. L'unico dato cronologico disponibile è riferibile ad un sito archeologico individuato circa 500 m a SE della chiesa di San Cassiano e probabilmente situato nei pressi della riva del paleolago. Il sito è stato riferito all'Aurignaziano (31.500 - 29.000 anni BP) sulla base dell'industria litica contenuta in un livello di 10-15 cm al tetto delle argille lacustri (MORONI LANFREDINI & RONCHITELLI, 2000). Questi dati portano a datare il sito al Pleistocene superiore ma, per quanto riguarda i sedimenti lacustri veri e propri, anche considerando il loro spessore, sembra ragionevole non escludere il Pleistocene medio.

VI - TETTONICA

1 - INQUADRAMENTO

L'area del Foglio ricade nella porzione esterna della Catena Appenninica e ne comprende lo spartiacque principale. Le caratteristiche tettoniche principali sono rappresentate dagli accavallamenti tra le varie unità tettoniche affioranti nell'area (Fig. 2). In particolare sia ha il fronte di accavallamento dell'Unità Falterona, appartenente al Dominio Toscano, sulle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole, qui rappresentate da tre unità principali, anch'esse separate da sovrascorrimenti. In ordine di sovrapposizione tettonica e procedendo da sud-ovest verso nord-est, le unità sono: l'Unità Monte Nero, l'Unità Pietralunga e l'Unità Ca' Romano. Un'altra caratteristica tettonica di importanza regionale è costituita dal sovrascorrimento delle Unità Liguri, rappresentate nel Foglio dalla sola Unità Morello, al di sopra sia delle Unità Toscane che di quelle Umbro-Marchigiano-Romagnole. In termini di inquadramento generale, le Unità Liguri, nel Foglio, costituiscono tre grandi aree di affioramento: la zona Pieve S. Stefano - Fungai a sud ovest (continuazione a nord dei Monti Rognosi), la parte terminale della sinclinale di San Piero in Bagno a nord, e la "Colata della Val Marecchia" a nord est. Inizialmente le Unità Liguri dovevano ricoprire completamente le Unità Toscane e, probabilmente, le Umbro-Romagnole, e solo successivamente sono state smantellate dall'erosione (CERRINA FERONI *et alii*, 2001).

Infine, come verrà meglio discusso in seguito, una diffusa tettonica a carattere trascorrente e distensivo ha caratterizzato l'area successivamente alla messa in posto delle varie unità tettoniche. Essa ha prodotto una tettonizzazione e frammentazione delle unità tettoniche sopradescritte, alterando anche i rapporti originali che talora risultano non più di sovrapposizione ma di giustapposizione ad alto angolo.

Nei paragrafi che seguono verranno descritte separatamente le strutture delle Unità Toscane - Umbro-Marchigiano-Romagnole, Liguri ed Epiliguri; seguirà una discussione di questi dati con particolare riferimento alle relazioni reciproche fra le strutture presenti nelle varie unità tettoniche.

2 - STRUTTURE DELLE UNITÀ TETTONICHE TOSCANE E UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLE

Le Unità Tettoniche Toscane sono rappresentate, nell'area del Foglio, dalla sola Unità Falterona, che si trova geometricamente sovrapposta alle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole (Fig. 2) e comprende le Marne Varicolori di Villore, le Arenarie del Monte Falterona e la Formazione di Vicchio.

All'interno delle Unità Tettoniche Umbro-Marchigiano-Romagnole sono state evidenziate tre unità principali. La prima unità dall'alto è l'Unità Monte Nero, che fa parte del "Parautoctono Romagnolo Interno" di DELLE ROSE *et alii* (1990) e coincide con la "Nero Unit" di TEN HAAF & VAN WAMEL (1979). Nell'ambito di questa unità sono state individuate due subunità: la Subunità Monte della Zucca che comprende il solo membro di Premilcuore della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (FMA₃), e la Subunità Monte dei Frati comprendente il Bisciario, lo Schlier e i tre membri della Formazione Marnoso-Arenacea Umbra (membri di Casa Spertaglia, di Monte Casale e di Vesina). La seconda unità tettonica è l'Unità Pietralunga, costituita da alcuni membri e litofacies della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (membri di Biserno, di Galeata, di Collina e di Montecoronaro) e dalle soprastanti Marne di San Paolo e che corrisponde al "Parautoctono Umbro Romagnolo Esterno" di DELLE ROSE *et alii* (1990). La terza unità tettonica, e quella più profonda affiorante nell'area del Foglio, è l'Unità Ca' Romano, anch'essa suddivisa in due subunità: la Subunità Ca' Raffaello che è costituita esclusivamente dalla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (membri di Civitella, Castel del Rio e Borgo Tossignano) e che corrisponde alla "Sequenza Umbro Romagnola Autoctona" di DELLE ROSE *et alii* (1990) e la Subunità Sant'Angelo in Vado costituita esclusivamente dalla Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana, qui rappresentata dal membro di Sant'Angelo in Vado e dalla litofacies di Campo.

Lo stile tettonico che caratterizza tutte le Unità Toscane e Umbro-Marchigiano-Romagnole è quello di accavallamenti a vergenza nord-orientale con anticlinali e sinclinali rovesciate, tipico di questa parte di Appennino. In carta e nello schema tettonico i sovrascorrimenti sono stati suddivisi in base all'importanza in principali, che suddividono le unità, ed in secondari, compresi all'interno delle unità e subunità.

Nel Foglio sono riconoscibili due direzioni principali degli accavallamenti: WNW-ESE, ad ovest della sinclinale di San Piero in Bagno e da NNW-SSE a N-

S, a sud di Badia Tedalda in corrispondenza del M. dei Frati e Lamoli.

Si tratta di sovrascorrimenti sempre con immersione verso i quadranti occidentali e morfologia listrica: in superficie possono raggiungere pendenze anche superiori ai 40-45°, mentre tendono ad assumere pendenze molto minori approfondendosi. È plausibile che si orizzontalizzino del tutto in corrispondenza del livello di scollamento. In genere a queste strutture sono associate ampie pieghe rovesciate, sia anticlinali di tetto che sinclinali di muro, a prevalente vergenza orientale e nord orientale e con clivaggio abbastanza ben sviluppato specie negli interstrati pelitici delle formazioni torbiditiche.

L'Unità Falterona, come già accennato, si accavalla sulle Unità Umbro Romagnole ed in particolare sull'Unità Monte Nero. Tale accavallamento ha orientazioni diverse: NW-SE nel settore settentrionale, tra Valsavignone e Caprile, mentre assume un'orientazione circa meridiana tra il Passo di Viamaggio e M. Prati Alti-M. Vicchi, nel settore meridionale del Foglio. Il punto in cui si verifica il cambiamento di direzione è localizzabile al centro del Foglio, mascherato dalle Unità Liguri. In tale area questo settore appenninico è attraversato da una importante linea trasversale (vedi paragrafo 5) che, secondo la nostra opinione è responsabile della maggiore tettonizzazione dell'accavallamento stesso, che risulta frammentato e dislocato sia a nord che a sud da faglie ad alto angolo orientate circa NE-SW (ad esempio presso Valdazze). Oltre all'orientazione variano anche in parte le caratteristiche deformative dell'accavallamento: infatti mentre tra Valsavignone e Caprile al *thrust* principale è quasi sempre associata sia un'anticlinale di tetto che una sinclinale di muro (quest'ultima nella sottostante Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola, membro di Premilcuore, **FMA₃**), tra il Passo di Viamaggio e il margine meridionale del Foglio tali strutture non sono presenti e l'accavallamento mette a contatto le Arenarie del Monte Falterona (**FAL**) con vari termini della Successione Umbro-Marchigiano-Romagnola come il Bisciario, lo Schlier e la Formazione Marnoso-Arenacea Umbra (**MUM₃**).

Studi strutturali di dettaglio effettuati lungo questo accavallamento al fine di valutarne la cinematica, mostrano come agli accavallamenti sia associata una componente obliqua di taglio (BONINI, 1990; SANI, 1990a, 1990b; BOCCALETTI *et alii*, 1992; POCCIANI, 1992; BENDKIK *et alii*, 1994). In particolare al *thrust* principale orientato NW-SW è associata una direzione di massima compressione orientata da N-S a NNE-SSW, il che porta a determinare una componente destra all'accavallamento. È poi interessante notare che nel settore a sud, tra il Passo di Viamaggio e M. Vicchi, si registra lungo l'accavallamento la stessa componente di taglio destra, anche se ruotata come direzione, in accordo con la variazione di orientazione del *thrust*. In altre parole restano invariate le relazioni angolari tra la direzione dell'accavallamento e la direzione di massima compressione (*slip*

vector) ad esso associata. Questa rotazione degli assi strutturali, come è già stato notato in precedenti lavori (BONINI, 1990; SANI, 1990a, 1990b; BOCCALETTI *et alii*, 1992; POCCIANI, 1992; BENDKIK *et alii*, 1994), può essere riferita all'attività della linea trasversale nota come Linea Follonica-Rimini (BOCCALETTI *et alii*, 1977) o Grosseto-Marecchia (FAZZINI & GELMINI, 1982) o Arbia-Marecchia (LIOTTA, 1991).

Infine, nel settore settentrionale del Foglio, tra Valsavignone e Caprile, sono da segnalare alcune strutture interne all'Unità Falterona, rappresentate da due *thrust* ad andamento circa NW-SE, sub-parallele a quello del *thrust* principale. La struttura più interna (sud-occidentale), affiorante presso Bulciano, mette a contatto le Arenarie del Monte Falterona (FAL) sulla Formazione di Vicchio, mentre quella più esterna, presente a sud di Valsavignone, determina l'accavallamento delle Marne Varicolori di Villore (MVV), sulle Arenarie del Monte Falterona.

Un aspetto peculiare dell'Unità Falterona riguarda proprio la Formazione di Vicchio. Essa rappresenta, nell'interpretazione classica, le marne di chiusura (*draping muds*) del cuneo clastico dell'avanfossa appenninica, analoghe ad altri depositi marnosi interpretati nello stesso modo da RICCI LUCCHI (1986) quali ad esempio le Marne di San Paolo rispetto al cuneo clastico della Formazione Marnoso-Arenacea *s.l.* Recentemente, nella zona di Santa Maria Tiberina a sud del settore da noi studiato, la Formazione di Vicchio è stata considerata discordante sulle formazioni sottostanti e riferita ad un bacino *piggy-back* (PLESI *et alii*, 2002). Nell'area del Foglio in esame non abbiamo potuto suffragare questa ipotesi, peraltro interessante. Infatti nell'area studiata il contatto stratigrafico tra la Formazione di Vicchio e le sottostanti Arenarie del Falterona non è mai chiaramente visibile, e nel settore tra Bulciano ed il P.gio dell'Aquila è stato interpretato come contatto tettonizzato, intendendolo un contatto di natura tettonica che però mantiene l'ordine stratigrafico. In carta è stato rappresentato con il simbolo del sovrascorrimento minore. In lavori precedenti (BENDKIK *et alii*, 1994), sia questo contatto che il *thrust* interno all'Unità Falterona presso Bulciano erano stati considerati *thrust* fuori sequenza, ed in questa sede possiamo confermare tale interpretazione. Tra l'altro si potrebbe così facilmente spiegare l'elisione di buona parte delle Arenarie del Monte Falterona che sono ridotte a poche centinaia di metri, in confronto ad altre aree (esempio a sud del Passo di Viamaggio) dove sono conservati gli spessori e i rapporti stratigrafici originari con la Formazione di Vicchio.

Un altro interessante settore dove è presente la Formazione di Vicchio è quello di Colorio. Qui, al di sotto delle Liguridi affiorano estesamente depositi marnosi che sono stati attribuiti in parte alla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (FMA₆, membro di Montercoronaro) ed in parte alla Formazione di Vicchio. In quest'area quest'ultima è stata individuata per la prima volta da DE DONATIS (1992, 1995a, 1995b). L'omogeneità litologica e di assetto giaciturale

non consente un'immediata individuazione né tantomeno comprensione dei rapporti tra queste due formazioni. Tuttavia il fitto campionamento biostratigrafico, e un'attenta analisi strutturale di terreno, hanno consentito di tracciare il contatto tettonico che pone la Formazione di Vicchio al di sopra delle Marni di San Paolo.

Al di sotto dell'Unità Falterona si trova la più interna delle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole, rappresentata dall'Unità Monte Nero. Tale unità, definita inizialmente dai geologi olandesi (TEN HAAF & VAN WAMEL, 1979), è stata suddivisa in due subunità per mantenere una certa uniformità terminologica tra il Foglio Pieve Santo Stefano ed il sottostante Foglio 289 - Città di Castello, come specificato in precedenza. Questa suddivisione si è rivelata opportuna in quanto queste due subunità differiscono sia nello stile deformativo generale che nell'orientazione delle strutture.

In particolare, a nord, la Subunità Monte della Zucca, che risulta costituita prevalentemente dalla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola, membro di Premilcuore (**FMA₃**), si accavalla sull'Unità Pietralunga costituita prevalentemente dal membro di Montecoronaro della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (**FMA₆**). L'accavallamento ha una direzione media NW-SE ed è caratterizzato dalla presenza di un'anticlinale rovesciata di tetto. Nel suo insieme questa unità non è molto deformata ad eccezione della presenza di alcune pieghe nell'area del Poggio Bandita (sezione C-C'). Verso SE il *thrust* termina contro una faglia trasversale ad alto angolo orientata in direzione NE-SW.

Nel settore meridionale, dove affiora la Subunità Monte dei Frati, la situazione è tettonicamente più complessa. Immediatamente a ridosso del *thrust* dell'Unità Falterona, su questa subunità si hanno alcuni accavallamenti minori che sovrappongono le formazioni dello Schlier e del Bisciario sulla Formazione Marnoso-Arenacea Umbra (membro di Casa Spertaglia, **MUM₁**). Inoltre, sul versante occidentale dell'Alpe della Luna è presente un retroscorrimento che mette a contatto il membro di Casa Spertaglia (**MUM₁**) con quello di Monte Casale (**MUM₂**), con senso di trasporto verso WNW. Tale struttura è stata interpretata come il risultato della sovrapposizione di due fasi deformative (sez. A-A', in carta): durante la prima gli accavallamenti si sono realizzati con vergenza orientale, in sequenza, sovrapponendo i membri più antichi (**MUM₁** e **MUM₂**) sul più recente membro di Vesina (**MUM₃**); successivamente, probabilmente durante l'attivazione del *thrust* più esterno, si è formato il retroscorrimento che ha sovrapposto il *footwall* dell'accavallamento precedente all'*hangingwall*, determinando una sovrapposizione tipo *younger-over-older*. Tale interpretazione, sebbene non provata, si è resa necessaria per giustificare questo tipo di sovrapposizione, ed è inoltre compatibile con la struttura a *thrust* dell'area.

Più esternamente, l'accavallamento principale della Subunità Monte dei Frati sull'Unità Pietralunga ha un andamento piuttosto irregolare, ma mediamente in

direzione NNW-SSE. La traccia del sovrascorrimento risulta dislocata in senso trasversale da numerose strutture a prevalente rigetto verticale come quelle all'altezza dell'Alpe della Luna e presso Col del Sasso. Il sovrascorrimento determina localmente, come tra Mont'Alto e Poggio Mandriacce, la formazione di una sinclinale rovesciata di muro nella sottostante Unità Pietralunga.

Più esternamente si ha l'Unità Pietralunga, che copre una grande porzione del Foglio. Questa unità è costituita da vari membri della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (**FMA₁**, **FMA₂**, **FMA₄**, **FMA₅**, **FMA₆**) e dalle Marne di San Paolo (**SPL**) ed affiora a nord-ovest e a sud-est delle Unità Liguri ed Epiliguri poste nel settore centrale del Foglio. Nel settore nord-occidentale del Foglio affiora in due aree: ad ovest, intorno a Verghereto, e ad est, tra Casteldelci e Ponte Presale.

Nell'area di Verghereto affiora prevalentemente il membro di Montecoronaro (**FMA₆**) della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola e non sono da segnalare strutture di rilievo. In quest'area l'Unità Pietralunga è delimitata verso ovest dal sovrascorrimento della Subunità Monte della Zucca dell'Unità Monte Nero, verso est dal sovrascorrimento delle Unità Liguri (tra M. Castelvecchio e Palera) ed infine verso sud-est (presso Colorio) è delimitata dal retroscorrimento della Formazione di Vicchio, dell'Unità Falterona.

Nell'area compresa tra Casteldelci e Ponte Presale, è da segnalare una serie di accavallamenti minori a vergenza nord-orientale (area di Casteldelci) ed una sinclinale di muro rovesciata, piuttosto continua e orientata in direzione circa N-S, associata al sovrascorrimento delle Unità Liguri. Più ad est questa Unità si accavalla sulla Subunità Ca' Raffaello dell'Unità Ca' Romano. La superficie di sovrascorrimento ha una direzione circa NNW-SSE e risulta dislocata trasversalmente da alcune faglie ad alto angolo orientate circa E-W presenti presso il Molino di Bascio.

Il settore meridionale di affioramento di questa unità occupa quasi interamente il quadrante SE del Foglio. A nord è delimitato dalle Unità Liguri, a ovest dal sovrascorrimento della Subunità Monte dei Frati dell'Unità Monte Nero, a sud e a est raggiunge i limiti del Foglio. In questo settore l'Unità Pietralunga è molto deformata. Procedendo da ovest verso est, ovvero dall'interno verso l'esterno della catena, troviamo la sinclinale di muro determinata dal sovrascorrimento della Subunità Monte dei Frati e un sovrascorrimento interno all'unità, che da Badia Tedalda si prolunga in direzione NNW-SSE, verso Palazzo Mucci e Lamoli a sud. A quest'ultima struttura sono associate varie pieghe, sia al tetto che al muro, come ad esempio le sinclinali e anticlinali visibili presso Montelabreve (che conferiscono una certa complessità locale), l'anticlinale di tetto rovesciata associata al *thrust* da Palazzo Mucci fino al limite meridionale del Foglio, e la sinclinale di muro che coinvolge il membro di Collina (**FMA₅**) della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola nell'estremo sud del Foglio. In carta questo sovrascorrimento è stato indicato come sovrascorrimento seconda-

rio perché interno all'unità e probabilmente di non grande rigetto, visto che mette a contatto due membri della stessa formazione: il membro di Galeata (**FMA₄**) con il sovrastante Membro di Collina (**FMA₅**).

Altre strutture di minore continuità sono una serie di anticlinali e sinclinali strette e rovesciate associate a *thrust* secondari presenti presso Lucemburgo e le sinclinali ed anticlinali del M. Cossante, del Passo della Spugna e del Castello della Pieve. Tutte queste strutture sono orientate in direzione NW-SE. Infine nell'area più orientale del Foglio, a sud di Sestino, è presente un sovrascorrimento orientato circa NW-SE a vergenza orientale che a SE si complica formando una scaglia minore a cui è associata un'anticlinale di tetto. Questa struttura interna alla Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola, sovrappone il membro di Biserno (**FMA₁**) sui membri di Galeata (**FMA₄**) e di Collina (**FMA₅**).

La Subunità di Ca' Raffaello è costituita dai membri di Civitella, di Castel del Rio e di Borgo Tossignano della Formazione Marnoso-Arenacea romagnola.

Su di essa, come già detto si accavalla l'Unità Pietralunga, lungo un accavallamento che dal M. Zucchetta a nord prosegue a sud fin al Poggio del Palazzaccio. Non sono da segnalare strutture di rilievo intern all'Unità tranne un accavallamento secondario che sovrappone il membro di Monte Civitella a quello di Castel del Rio, nei pressi di Ca' Barroccio al limite settentrionale del Foglio.

Per quanto riguarda la Subunità Sant'Angelo in Vado essa affiora in una piccola area al limite est del Foglio presso l'abitato di Maltigliano. Il sovrascorrimento attraverso il quale l'Unità Pietralunga si accavalla sulla Subunità Sant'Angelo in Vado è evidenziato in campagna da una fascia di deformazione, desumibile da rovesciamenti e dalla verticalizzazione degli strati, prevalentemente a carico del membro di Collina (**FMA₅**) della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola. Verso nord questo sovrascorrimento tra le due unità sopracitate è obliterato dagli estesi corpi di frana dell'area del Sasso di Simone, ma più ad est, proprio al limite del Foglio, le Unità Liguri della Colata della Val Marecchia sovrascorrono direttamente la litofacies di Campo (**FAM_{1a}**) del membro di Sant'Angelo in Vado (**FAM₁**) della Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana. È dunque ipotizzabile che il sovrascorrimento delle Unità Liguri sia successivo a quello tra l'Unità Pietralunga e la Subunità Sant'Angelo in Vado.

3 - STRUTTURE DELLE UNITÀ TETTONICHE LIGURI E SUCCESSIONE EPILOGURE

Le Unità Liguri sono rappresentate dalla sola Unità Morello, geometricamente sovrapposta sia all'Unità Falterona che a quelle Umbro-Romagnole. Nell'area del Foglio questa unità è composta, dal basso verso l'alto, dalle Formazioni di Villa a Radda, di Sillano e di Monte Morello.

Rispetto alle unità tettoniche sottostanti l'assetto tettonico delle formazioni

liguri appare più frammentato. Il fatto che al loro interno non siano riconoscibili sistemi strutturali omogenei e continui è da imputarsi sia ad una tettonica disgiuntiva ad alto angolo sia ad un diverso comportamento reologico tra le varie formazioni. Spesso i contatti tra la Formazione di Monte Morello e quella di Sillano sono tettonizzati: sebbene i rapporti geometrici di sovrapposizione stratigrafica vengano mantenuti, al passaggio tra le due formazioni è presente un certo grado di tettonizzazione, dovuto probabilmente al forte contrasto reologico e/o a locali movimenti orizzontali.

Una grande struttura ben riconoscibile all'interno dell'Unità Morello è l'ampia sinclinale rovesciata che si estende per alcuni chilometri in prossimità di Pieve Santo Stefano. È possibile disegnarne sul terreno la probabile traccia del piano assiale, che ha direzione appenninica (NNW-SSE) e vergenza nord orientale, seguendo il limite tra le giaciture rovesce ad ovest del Tevere e quelle diritte, che sono in gran parte ad est del Tevere. Questa grande struttura è localmente complicata (greto del Tevere a N del ponte di Formole e fianco N di M. Le Coste) da cerniere di pieghe minori con asse circa E-W. Inoltre, nella già citata area sul greto sinistro del Tevere a N del ponte di Formole, alcune pieghe pluri-metriche ad asse subverticale, ripiegano gli strati già piegati con assi EW. Queste strutture stanno quindi ad indicare la presenza nell'Unità Morello di una tettonica polifasica. Tra le varie ipotesi interpretative può essere avanzata la presenza di una faglia trascorrente lungo la valle del Tevere, situata molto probabilmente tra questa formazione e le serpentiniti del M. Petroso.

Va notato che i rapporti tra la Formazione di Monte Morello e la sottostante Formazione di Sillano, quando visibili, si presentano sempre "tettonizzati". Si tratta di scorrimenti di piccola estensione, dovuti alla differenza di competenza delle due formazioni.

La Successione Epiligure, che comprende le Marne di Antognola, le Formazioni di San Marino e del Monte Fumaiolo, poggia indifferentemente sulle Formazioni di Villa a Radda e di Sillano. L'affioramento maggiore, la placca di M. Fumaiolo, costituisce una sinclinale assai blanda.

4 - RELAZIONI FRA LE STRUTTURE DELLE UNITÀ LIGURI E DELLE UNITÀ TOSCANE E UMBRO-MARCHIGIANE-ROMAGNOLE

Il contatto fra l'Unità Morello e quelle Toscane o Umbro-Romagnole sottostanti è di due tipi:

- per sovrascorrimento: questo tipo di contatto, con inclinazione inferiore a 30°, affiora in modo esteso e continuo fra il Rio di Bulciano e Poggio di Spiegi, nella parte occidentale del Foglio.
- ad alto angolo: avviene attraverso un sistema di faglie con direzione prevalente NE-SW, successivo ai contatti per sovrascorrimento. Questo tipo di

contatto caratterizza una fascia compresa fra M. Cocchiola e M. Maggio, nella parte centrale del Foglio (la cosiddetta “lente del Presale” di DE DONATIS, 1992). Proprio in corrispondenza di questa zona risulta evidente un maggior grado di tettonizzazione che, come accennato sopra, può essere messo in relazione con una linea trasversale di importanza regionale (vedi paragrafo successivo).

Nel primo caso si tratta del contatto tettonico a scala regionale che delimita alla base le Unità Liguri in tutto l’Appennino Settentrionale. Nel secondo caso si tratta di faglie successive che dislocano in contatto sopradescritto.

Alcuni degli accavallamenti che delimitano le Unità Toscane e Umbro-Marchigiano-Romagnola sono sigillati e coperti dalle Unità Liguri, e ciò consente una datazione relativa di questi eventi tettonici. Il sovrascorrimento spesso trancia le strutture precedenti e risulta dunque un probabile fuori sequenza a scala regionale. Riguardo ai tempi di attività essi devono essere sicuramente successivi alla formazione sottostante più giovane coinvolta, che è del Tortoniano, anche se non si può escludere che nelle zone più interne le coltri liguri siano arrivate prima, come testimoniano i frequenti olistostromi di materiale di origine ligure presenti nelle formazioni delle Unità Toscane.

Le faglie ad alto angolo invece tagliano nettamente tutta la pila tettonica, compreso il sovrascorrimento regionale della coltre ligure, e risultano pertanto le ultime strutture formate.

Sebbene qualche autore abbia ipotizzato che successivamente alla messa in posto delle Unità Liguri in quest’area, ed in particolare nel settore interno della Colata delle Val Marecchia, vi siano state riattivazioni di strutture a carattere compressivo che hanno coinvolto le Unità Liguri stesse (DE FEYTER, 1991; POCCIANTI, 1992; BENDKIK *et alii* 1994), il nuovo rilevamento non ha confermato tali interpretazioni.

5 - LA TETTONICA TRASVERSALE

Tutti i sovrascorrimenti presenti nell’area del Foglio risultano interessati da strutture trasversali.

Nella parte centrale del Foglio (Fig. 2), tra Caprile e Sasso di Simone è presente un’area contrassegnata dalla presenza di un complesso *graben* ad orientazione SW-NE, delimitato da faglie trasversali (“antiappenniniche”) ad alto angolo, con rigetti verticali che raramente superano il centinaio di metri. Questa struttura presenta al centro le Unità Liguri, che si riducono, a NE di Badia Tedalda, fino a poco più di un chilometro di larghezza, e ai fianchi le Unità Toscane e Umbro-Romagnole. I sovrascorrimenti principali tra le varie unità, avvicinandosi a questa fascia di deformazione sono dislocati trasversalmente e localmente

subiscono una variazione di orientazione da NW-SE a NNW-SSE, fino a N-S. Questa rotazione, come pure il maggior grado di tettonizzazione, è probabilmente l'espressione superficiale di un lineamento trasversale d'importanza regionale, noto in letteratura come Linea Follonica-Rimini (BOCCALETTI *et alii*, 1977) o Grosseto-Marecchia (FAZZINI & GELMINI, 1982) o Arbia-Marecchia (LIOTTA, 1991), che attraversa l'area del Foglio in senso circa NE-SW. Sono state fatte varie ipotesi sulla cinematica e sul ruolo di questa linea (si veda ad es. BEMPORAD *et alii*, 1986). In particolare BOCCALETTI *et alii* (1977) le attribuiscono una cinematica trascorrente sinistra, mentre FAZZINI & GELMINI (1982) la considerano destra. LIOTTA (1991) le attribuisce invece un ruolo passivo, ipotizzando un comportamento da *transfer-fault* nel settore appenninico interno ed un significato da rampa laterale in quello esterno. Infine sia LIOTTA (1991) che DE DONATIS (1992) ipotizzano che tale discontinuità possa essere profonda e interessi anche il basamento.

Per quanto riguarda i tempi di attività di questa linea trasversale, essi sono sicuramente successivi sia agli accavallamenti, che sono da essa ruotati, che agli ultimi movimenti del sovrascorrimento delle Unità Liguri su quelle Toscane ed Umbro-Romagnole. Esso si verrebbe quindi ad attivare posteriormente al Miocene. LIOTTA (1991) ipotizza, per i settori compresi tra Arezzo e Siena, un'attività pliocenica, mentre RICCI LUCCHI (1981, 1986) sostiene anche un'attività fin dal Miocene medio-superiore, sulla base delle interferenze della linea sulla sedimentazione della Formazione Marnoso-Arenacea.

6 - SISMICITÀ

Da un punto di vista sismogenetico (*sensu lato*) la zona in oggetto è confinata tra le aree ad elevato potenziale dell'Appennino Romagnolo (a NNW), della Val Tiberina (a S) e dell'Appennino Marchigiano (a SE e ESE). Ciò è particolarmente evidente sia dalle localizzazioni strumentali del "Catalogo CSTI" (Gruppo di Lavoro Catalogo Strumentale, 2001), per l'intervallo temporale 1981-1996, sia dai dati della Rete Sismica Nazionale (RSN) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), per l'intervallo temporale 1985-2000 (Fig. 10). Al pari di quello strumentale, anche il tasso di sismicità storica, ricavabile sia dai dati del "Catalogo CPTI" (Gruppo di lavoro CPTI, 1999), che separatamente dai dati del "Catalogo dei Forti Terremoti in Italia" (CFTI, ver. 3, Boschi *et al.*, 2001) e del "Catalogo NT 4.1" del GNDT (Camassi e Stucchi, 1997), risulta sensibilmente maggiore nelle aree sismogenetiche adiacenti al Foglio 278, precedentemente menzionate, piuttosto che all'interno del Foglio stesso (Fig. 10).

Entro i confini del Foglio in esame sono disponibili in letteratura tre meccanismi focali (Fig. 11), i cui parametri sono elencati in Tab. 1: un meccanismo è stato determinato da Frepoli e Amato (1997) e gli altri sono pubblicati nel lavo-

ro di Pondrelli et al. (2002). Tali meccanismi hanno valori di magnitudo Mw compresi tra 4.1 e 4.9, e un ipocentro localizzato in una fascia di profondità inferiore ai 15 km. Tutte le soluzioni hanno una prevalente componente distensiva in direzione NE-SW con debole carattere di trascorrenza. Nella Tabella 1 che riassume le principali caratteristiche, sia ipocentrali che relative alla magnitudo, sono riportati anche i parametri focali inerenti ai piani nodali e agli assi del meccanismo stesso. La casella "Note", a fianco di ogni piano o asse, riporta una indicazione "PO" e "PR", a seconda se il parametro riportato sia direttamente il dato originale o se risulti da una rideterminazione dello stesso (per assenza del parametro o incongruenza dello stesso). Tale rideterminazione è stata effettuata uti-

Autore	Data	Orario	Lat.	Lon.	Prof. Km	Md	Mw	Mo	Osservazioni	
	08/05/1990	22:33	43.63	12.11	1.6	3.7	4.1	1.64e22		
Frepoli e Amato, 1997	Piano A				Piano B				Per il piano A non viene fornito il dato dello Strike, ma il valore della Dip-direction. Il meccanismo viene ricalcolato a partire dai parametri degli Assi P e T forniti dagli autori.	
	<i>Strike</i>	<i>Dip</i>	Rake	<i>Note</i>	<i>Strike</i>	<i>Dip</i>	<i>Rake</i>	<i>Note</i>		
	95	45	-50	PO	-	-	-	-		
	4.23	45.35	-50.24	PR	134.42	56.84	-122.92	PR		
	Asse P			Asse T			Asse B			
	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>	<i>Note</i>	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>	<i>Note</i>	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>		<i>Note</i>
350	62	PO	247	6	PO	153.92	27.06	PR		
	02/10/1997	19:38:20	43.64	12.14	10	4.6	4.9	5.36e22		
Pondrelli et al., 2002	Piano A				Piano B					
	<i>Strike</i>	<i>Dip</i>	Rake	<i>Note</i>	<i>Strike</i>	<i>Dip</i>	<i>Rake</i>	<i>Note</i>		
	158	41	58	PO	298	56	-115	PO		
	Asse P			Asse T			Asse B			
	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>	<i>Note</i>	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>	<i>Note</i>	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>		<i>Note</i>
	155	68	PO	45	8	PO	312	21		PO
	26/11/2001	00:53:55.0	43.64	12.1	10	4.3	4.7	1.014e23		
Pondrelli et al., 2002	Piano A				Piano B					
	<i>Strike</i>	<i>Dip</i>	Rake	<i>Note</i>	<i>Strike</i>	<i>Dip</i>	<i>Rake</i>	<i>Note</i>		
	321	27	-128	PO	183	69	-72	PO		
	Asse P			Asse T			Asse B			
	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>	<i>Note</i>	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>	<i>Note</i>	<i>Plunge</i>	<i>Trend</i>		<i>Note</i>
	120	62	PO	259	22	PO	356	16		PO

Tabella 1 - Parametri geologici e geofisici dei tre meccanismi focali presenti nell'area del Foglio. Per spiegazioni vedi il testo.

lizzando la metodologia proposta da GASPERINI & VANNUCCI (2003) facendo uso del *database* di VANNUCCI & GASPERINI (2003).

Per quanto concerne la distribuzione ipocentrale degli eventi all'interno del Foglio, i dati del catalogo CSTI (GRUPPO DI LAVORO, CSTI, 2001) è possibile individuare una maggiore concentrazione con andamento NE-SW grossolanamente coincidente con la linea trasversale Arbia — Marecchia (Fig. 11).

Gli eventi strumentali, sono sostanzialmente confinati in un *range* di profondità entro i primi 10 o 20 km. Terremoti più profondi, compresi tra 20 e 35 km e > 35 km sono localizzati nel settore meridionale e orientale del Foglio e si distribuiscono in una fascia che va dal centro del Foglio fino al margine nord orientale. Tale fascia potrebbe corrispondere alle linee tettoniche trasversali ipotizzate da vari autori e discusse nel paragrafo precedente.

Per quanto riguarda le informazioni relative agli eventi storici, localizzati nel Foglio in esame, l'evento più forte è rappresentato dal terremoto del 5 giugno 1856 con epicentro macrosismico situato proprio nell'area di Pieve S. Stefano. L'intensità epicentrale e la magnitudo stimata per tale evento sono rispettivamente $I_0 = VI-VII$ e $M_a = 4.6$ (GRUPPO DI LAVORO CPTI, 1999).

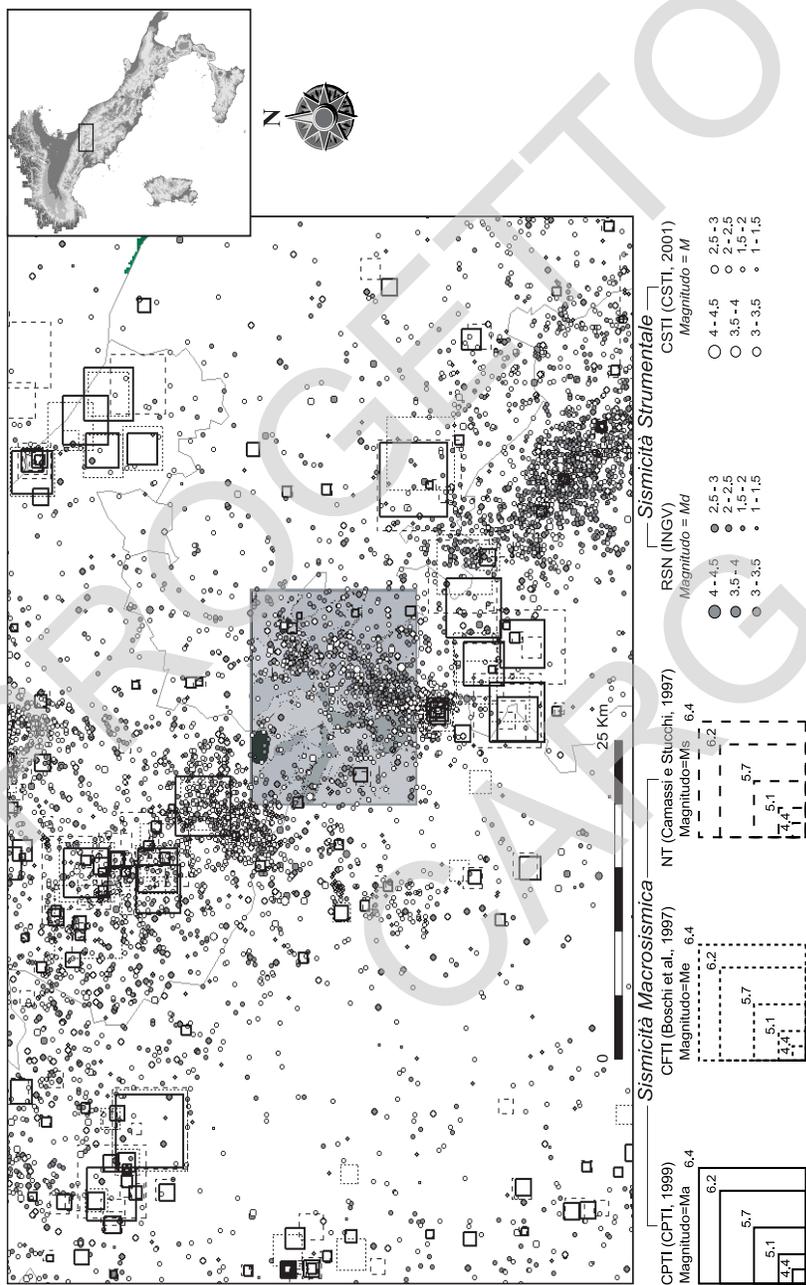


Fig. 10 - Ubicazione dell'area del Foglio 278 - Pieve Santo Stefano in relazione alla sismicità dell'Appennino Settentrionale. Sono indicati i terremoti più significativi riportati da vari cataloghi, nonché la sismicità strumentale.

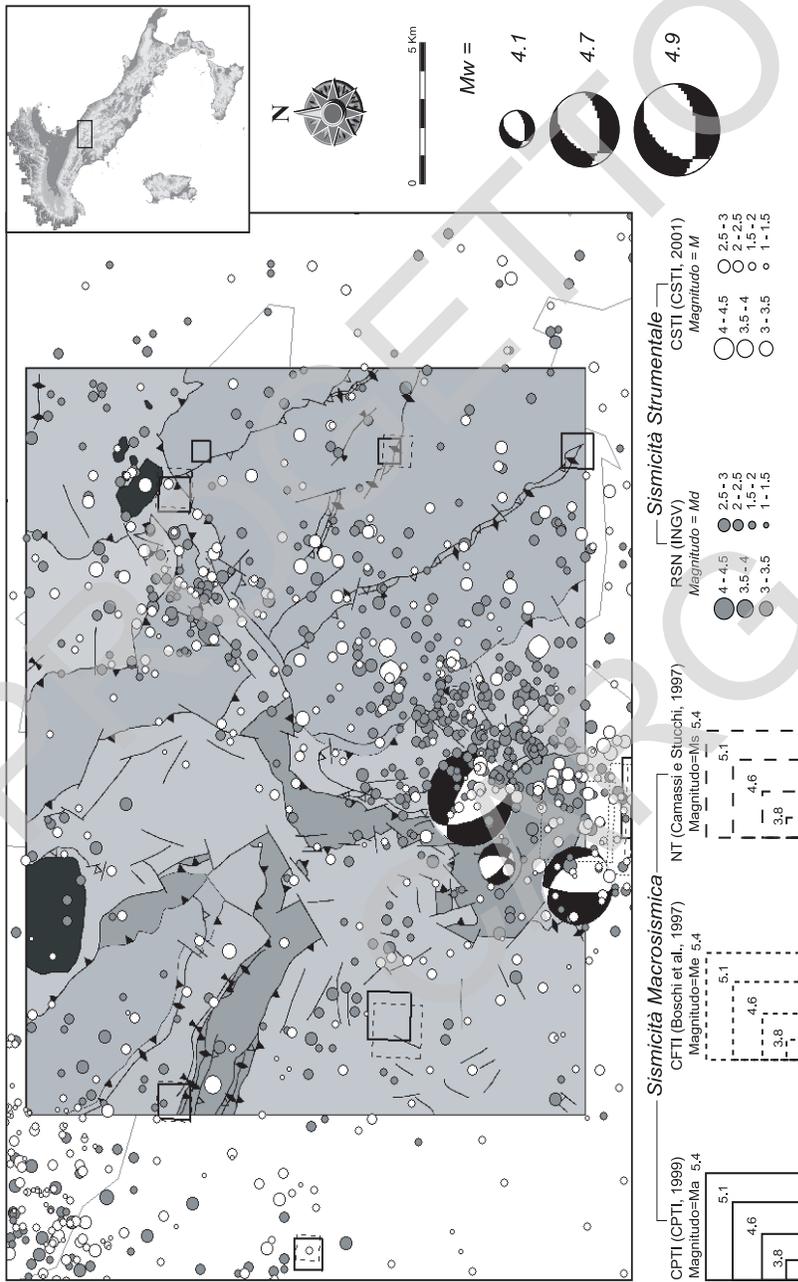


Fig. 11 - Sismicità nell'area del Foglio 278 - Pieve Santo Stefano. Sono indicati i terremoti più significativi riportati da vari cataloghi, la sismicità strumentale ed i meccanismi focali disponibili.

VII - ELEMENTI DI GEOLOGIA TECNICA E APPLICATA

1 - ATTIVITÀ ESTRATTIVE

Nell'area del Foglio sono presenti numerose cave ma solamente una, sul M. Petroso nel Comune di Pieve Santo Stefano, viene attualmente coltivata. Diverse altre risultano potenzialmente ancora sfruttabili e pertanto sono incluse nell'elenco delle risorse utilizzabili dai "Piani delle Attività Estrattive" predisposti dagli organi che governano il territorio² (P.R.A.E. della Regione Toscana).

I litotipi di maggior interesse sono le serpentiniti, utilizzate come inerte, e i calcari della Formazione di Monte Morello utilizzati per i granulati. Lo strato Contessa, nella Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola al tetto del Membro di Galeata, è stato frequentemente oggetto di piccole escavazioni di carattere locale ed ha fornito bozze da costruzione per molti dei nuclei abitati più antichi. Anche nelle formazioni epiliguri, in particolare nella Formazione di San Marino presso Miratoio e Le Balze, sono presenti piccole cave, ormai non più in uso; erano sfruttate in passato per l'estrazione di bozze da costruzione e, più raramente, per i granulati. Alcune escavazioni per inerti sono infine state effettuate anche nei depositi alluvionale del Tevere, presso Pieve S. Stefano, e nei detriti di falda alla base delle pareti delle formazioni epiliguri, ai piedi del M. Aquilone, nel comune di Casteldelci.

Tutte le cave del Foglio, ed eccezione di quella sul fondovalle del Tevere, sono cave di versante ed i metodi di coltivazione più diffusi sono quelli a gradoni o a fronte unico. Solo nel caso delle cave nel detrito di falda presso il M. Aquilone il metodo di coltivazione è a fossa.

2 - RISORSE IDRICHE

Gli afflussi meteorici annui nell'area del Foglio 278 sono dell'ordine dei 1050 mm. Il regime pluviometrico mostra un periodo estivo piuttosto asciutto e le piogge più abbondanti in autunno e primavera. I corsi d'acqua hanno tutti caratteristiche torrentizie tipiche dei torrenti montani dell'Appennino, con punte di piena che si esauriscono di solito in poche ore e portate estive modeste.

Quanto alle risorse idriche presenti nel sottosuolo si può rilevare che nell'area del Foglio affiorano in prevalenza rocce a permeabilità medio bassa; le rocce appartenenti alle formazioni torbiditiche (Formazione del Monte Falterona e Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola e Formazione Marnoso-Arenacea Umbra) hanno permeabilità di ammasso variabile fra 10^{-6} e 10^{-8} m/s. Solo in corrispondenza di fasce tettonizzate (faglie ed addensamenti di fratture) la permeabilità raggiunge valori superiori. Caratteristiche di permeabilità simili a quelle descritte caratterizzano la Formazione di Monte Morello che però risulta maggiormente condizionata dal grado di fratturazione; in presenza di zone tettonizzate la permeabilità può infatti aumentare anche di due ordini di grandezza. Per quanto riguarda le formazioni ofiolitiche un carattere tipico è avere permeabilità superficiale media in funzione del grado di alterazione e permeabilità molto bassa o nulla in presenza di roccia fresca. Le formazioni marnose e argillitiche come le Formazione di Vicchio, le Marne di San Paolo, le Marne Varicolori di Villore, le Formazioni di Sillano e di Villa a Radda sono caratterizzate da valori di permeabilità praticamente nulli in funzione della plasticità che caratterizza questi litotipi. Le formazioni della Successione Epiligure, ed in particolare la Formazione di San Marino, sono caratterizzate da valori di permeabilità molto elevati, del che recano testimonianza fenomeni di microcarsismo, piccoli inghiottitoi e sorgenti carsiche. Fra queste ricordiamo il campo sorgenti ai piedi del rilievo M. Fumaiolo - M. Aquilone, con una portata complessiva di oltre 150 l/s (la sola sorgente di Senatello raggiunge i 100 l/s); questa importante risorsa viene sfruttata per usi idropotabili nei centri abitati vicini e lungo la valle del F. Marecchia fino a Novafeltria.

2.1 - BACINI ARTIFICIALI

Nella parte sud-occidentale del Foglio è compresa la porzione superiore del bacino di Montedoglio. Si tratta di un grande invaso, iniziato nel 1978 e terminato all'inizio degli anni '90, ottenuto per sbarramento del Tevere con una diga in materiali sciolti compattati. Di seguito viene riportata una scheda sintetica con i dati tecnici più significativi.

Larghezza base diga	m	260
Larghezza coronamento diga	m	8
Volume complessivo del rilevato	m ³	2.666.000
Volume di invaso complessivo	m ³	168.000.000
- per laminazione	m ³	15.000.000
- per regolazione	m ³	142.500.000
- morto	m ³	10.500.000
Volume d'acqua disponibile all'utilizzo	m ³	102.000.000
Superficie del bacino imbrifero sotteso	km ²	275.80
Superficie anteriore bacino imbrifero indiretto (der. Sovara)	km ²	26.90
Superficie complessiva del bacino scolante	km ²	302.70
Altezza massima dello sbarramento	m	54.30
Quota del coronamento	m.s.l.m.	398.30
Livello massimo invaso	m.s.l.m.	396.30

La grande quantità di acqua accumulata nell'invaso viene utilizzata prevalentemente per usi irrigui per una superficie complessiva di 59.000 ettari ripartiti fra le Province di Arezzo, Siena e Perugia; una frazione di questa risorsa viene anche sfruttata per usi idropotabili ed in particolare per coprire i fabbisogni della città di Arezzo.

3 - RISERVE NATURALI

3.1 - RISERVA NATURALE REGIONALE DEL SASSO SIMONE

Si estende per oltre 1500 ettari e ricade interamente nel Comune di Sestino (AR). La riserva ha una duplice valenza: storica e naturalistica. La sommità del Sasso di Simone infatti fu scelta da Cosimo de' Medici nel 1565 per la costruzione di una città fortezza, di cui rimangono alcune rovine, a difesa e potenziamento dello Stato di Firenze. Le specie faunistiche presenti di maggior interesse sono il lupo e la puzzola oltre ai numerosi rapaci (gheppio, falco pecchiaiolo, poiana e sparviero). Per la flora sono da citare invece le piante che vivono sulle pareti rocciose: il pero corvino, la dafne spatolata, l'ontano bianco ed il ribes alpino.

3.2 - RISERVA NATURALE PROVINCIALE DELL'ALPE DELLA LUNA.

Ha un'estensione 1530 ettari e comprende parte dei comuni di Badia Tedalda, Pieve Santo Stefano e Sansepolcro. Per quanto riguarda la fauna è caratterizzata da una buona presenza di rapaci (Astore, Sparviero, Poiana lodolaio e Gheppio) ma le specie rare più importanti sono l'aquila reale ed il lupo. Per quanto riguarda la flora è importante la presenza di *Cirsium alpis lunae*, una pianta endemica simile al cardo.

3.3 - RISERVA BIOGENETICA STATALE DELLA FUNGAIA E RISERVA NATURALE DI POPOLAMENTO ANIMALE DELLO STATO DI FORMOLE.

La Riserva biogenetica statale della Fungaia ha una superficie di 114 ettari, è compresa nel Comune di Pieve Santo Stefano e viene utilizzata per la realizzazione di arboreti sperimentali di cipresso dell'Arizona e di ontano napoletano.

La riserva naturale di popolamento animale dello Stato di Formole ha un'area di 247 ettari ed è dedicata all'allevamento dei cavalli maremmani e avellinesi (CECCOLINI & CENERINI, 1998).

4 - MANIFESTAZIONI GASSOSE

Nell'area dell'alta Val Tiberina (da Caprese Michelangelo a nord a Umbertide a sud) sono segnalate varie manifestazioni di gas naturali composte mediamente per circa il 95 % in volume da CO₂ (VASELLI *et alii*, 1997). In particolare, nell'area del Foglio è presente una sola manifestazione presso il M. Fungaia. La composizione percentuale in volume, dalle analisi effettuate, è risultata la seguente (VASELLI *et alii*, 1997): CO₂ 95,70 %; N₂ 4,19%; CH₄ 0,07%; H₂S 0,02%. Altri componenti minori sono (in ppm): Ar 32,4; O₂ 4,6; H₂ 214; He 35,5; CO 4,5. Per ulteriori dettagli sulla metodologia di lavoro e di campionamento, sulla composizione degli idrocarburi presenti, le temperature ed altri aspetti, si rimanda al lavoro di VASELLI *et alii* (1997).

Per quanto riguarda l'origine ed il significato di tale manifestazione, gli autori citati propendono per un'origine profonda, probabilmente maggiore di 6000 m e temperature del gas di 250-300°C. La CO₂ si accumula probabilmente in trappole nei calcari sottostanti alle successioni torbiditiche delle unità presenti, ed in base al basso rapporto ³He/⁴He è possibile ipotizzare un'origine crostale.

5 - FRANE

Fra gli eventi franosi che caratterizzano l'area del Foglio, uno dei più significativi è la frana che interessa il versante settentrionale del Sasso di Cocchiola, in destra del Fiume Marecchia, nella parte centrale del Foglio: si tratta di un grande movimento che si sviluppa per oltre un chilometro con una larghezza che varia da cento metri nella parte sommitale fino ad oltre quattrocento nel punto più ampio, sul fondovalle del Fiume Marecchia. Con ogni probabilità vi è stato un momento in passato in cui il corpo di frana aveva completamente ostruito il fondovalle e si era formato un piccolo lago, come testimoniato dalla presenza di detriti caotici appartenenti alla frana, anche al di là dell'attuale corso del fiume (ed ora vistosamente esposti sulla scarpata fluviale per oltre 25 metri di spessore) e dai depositi alluvionali terrazzati presenti nel tratto a monte della frana.

Un caso analogo, che ha interessato la Formazione di Monte Morello, riguarda la frana storica di Pieve Santo Stefano del 1855: poco a valle del centro abitato, sul versante in sinistra idrografica del Tevere, si verificò un movimento gravitativo prevalentemente traslazionale che portò alla completa ostruzione del fondovalle. Il movimento, preceduto da un periodo di piogge molto intense cui si aggiunse una pur modesta attività sismica, fu molto lento e si protrasse per tre giorni; alla fine, sul Tevere si era formato uno sbarramento alto 13 metri a monte del quale si instaurò un lago di notevoli dimensioni (1250 x 450 m) che sommerse completamente il centro abitato, ad esclusione della parte più alta del campanile della Pieve (CENCETTI & VIGLIONE, 1995).

Nell'area del Foglio è presente anche una diversa tipologia di movimenti gravitativi, caratteristica dei versanti argillitici sovrastati dalle formazioni arenacee e calcaree della Successione Epiligure (M. Aquilone e Sasso di Simone): queste presentano pareti subverticali e i grandi blocchi di calcareniti che si staccano da queste pareti, anche dell'ordine delle migliaia di metri cubi, sono coinvolti nei movimenti di colamento che si sviluppano nei sottostanti versanti argillitici e vengono così trasportati, come su di un *tapis roulant* anche per molti chilometri (CASAGLI *et alii*, 1994). Data la particolarità di questi accumuli abbiamo ritenuto opportuno distinguerli attribuendo loro una voce specifica nella banca dati: "Depositi di frana in grossi blocchi". In alcuni casi (ad esempio in prossimità di Ca' Romano, parte nord-orientale del Foglio) sono stati rilevati estesi affiora-

² Nelle regioni Marche ed Emilia Romagna non ci sono cave attive inserite nei rispettivi Piani Cave. In Toscana sono inseriti nel PRAE:

cava esistente (130 - A - 01) M. Petroso; Serpentiniti (comune di Pieve Santo Stefano);
nuovo bacino estrattivo (107 - B - BN) fra M. Murlo e San Cassiano; Serpentiniti (comune di Pieve S. Stefano).
nuova cava (113 - A - CN) presso Fresciano; Formazione di M. Morello; (comune di Badia Tedalda).
nuova cava (103 - B - CN) presso Capanne; Strato Contessa (comune di Badia Tedalda).
nuova cava (135 - A - 8) presso Calgaglia Argilliti Varicolori (Comune di Sestino);
nuova cava (102 - B - 13) presso M. Maggio; Formazione di M. Morello (Comune di Sestino);

menti di blocchi di calcareniti della Formazione di San Marino sulla sommità di rilievi, in posizione quindi apparentemente non riconducibile a dinamiche di versante. E' possibile che anche in questo caso si tratti di accumuli di antiche frane messe in posto in differenti situazioni morfologiche, ma non può essere escluso che questi blocchi siano i residui della disgregazione di originari affioramenti di formazioni epiliguri (CASAGLI *et alii*, 1994).

PROGETTO
CARG

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1976) - *Norme generali per il rilevamento e la compilazione della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Boll. Serv. Geol. d'It., **97**: 259-320.
- AUTORITÀ DI BACINO DEL F. ARNO (1998) - *Piano di Bacino del Fiume Arno. Qualità delle Acque*. Quaderno n. **8**, 272 pp.
- ABBATE E., BORTOLOTTI V., PASSERINI P. & SAGRI M. (1970) - *The Northern Apennines geosyncline and continental drift*. Sedim. Geol., **4** (3/4): 637-642.
- ABBATE E., BORTOLOTTI V. & PRINCIPI G. (1980a) - *Apennine ophiolites: a peculiar oceanic crust*. Ofioliti, Spec. Issue, **1**: 59-96.
- ABBATE E. & BRUNI P. (1987) - *Modino-Cervarola o Modino e Cervarola? Torbiditi oligo-mioceniche ed evoluzione del margine nord-appenninico*. Mem. Soc. Geol. It., (1989), **39**: 19-33.
- AMOROSI A. (1992) - *Correlazioni stratigrafiche e sequenze deposizionali nel Miocene epiligure delle Formazioni di Bismantova, S. Marino e M. Fumaiole (Appennino settentrionale)*. Giorn. Geol., **54** (1): 95-105.
- AMOROSI A., RICCI LUCCHI F. & TATEO F. (1995) - *The Lower Miocene siliceous zone: a marker in the palaeogeographic evolution of the northern Apennines*. Palaeo., Paleo., Palaeo., **118**: 131-149.
- AMOROSI A., COLALONGO M.L. & VAIANI S.C. (1996) - *Revisione litostratigrafica dell'Unità Bismantova (Miocene epiligure, Appennino Settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **115**: 355-367.
- ANELLI L., GORZA M., PIERI M. & RIVA M. (1994) - *Subsurface well data in the Northern Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., **48**: 461-471.
- ANTOLINI P. & CREMONINI G. (1991) - *Litostratigrafia e tettonica della Formazione Marnoso-arenacea romagnola fra le valli del Lamone e del Savio (Appennino Settentrionale)*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **46**: 447-458.
- BALLY A.W., BURBI L., COOPER C., & GHELARDONI R. (1986) - *Balanced sections and seismic reflection profiles across the central Apennines*. Mem. Soc. Geol. Ital., **35**: 257-310.
- BALLY A.W. & SNELSON S. (1980) - *Realms of subsidence*. In: MIALI A.D. (Ed.), *Facts and principles of world petroleum occurrence*. Canad. Soc. Petrol. Geol., Mem., **6**: 9-94.
- BALOGH K., DELLE ROSE M., GUERRERA F., RAVASZ-BARANYAI L. & VENERI F. (1993) - *New data concerning the inframiocenic "Bisciaro volcanoclastic event" (Umbro-Marche Apennines) and comparison with similar occurrences*. Giorn. Geol., **55**: 83-104.
- BARCHI M.R., MINELLI G. & PIALI G. (1998) - *The Crop 03 Profile: A synthesis of results on deep structures on the Northern Apennines*. Mem. Soc. Geol. It., **52**: 383-400.
- BASILI R., BORDONI P., BURRATO P., NAPPI R., PANTOSTI D., SPINELLI A. & VALENSISE G. (2001) - *Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy*, Ann. Geofis., Suppl. Vol. **44**, CD-ROM.
- BEMPORAD S., CONEDERA C., DAINELLI P., ERCOLI A. & FACIBENI P. (1986) - *Landsat imagery: a valuable tool for regional and structural geology*. Mem. Soc. Geol. It., **31**: 287-298.
- BENDKIK A.M., BOCCALETTI M., BONINI M., POCCIANTI C. & SANI F. (1994) - *Structural evolution of the outer Apennine chain (Firenzuola - Città di Castello sector and Montefeltro area, Tuscan - Romagnan and Umbro - Marche Apennine)*. Mem. Soc. Geol. It., **48**: 515-522.
- BETTELLI G., BOCCALETTI M., CIBIN U., PANINI F., POCCIANTI C. & ROSSELLI S. (2002a) - *Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000. Foglio 252 "Barberino di Mugello"*. Serv. Geol. d'It. - Regione Emilia-Romagna.
- BETTELLI G., BONAZZI U., CAPITANI M., FAZZINI P., FIORONI C., FREGNI P., GASPERI G., PANINI F. & PIZZIOLLO M. (2002b) - *Note illustrative al Foglio 236 "Pavullo nel Frignano" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000*. Serv. Geol. d'It. - Regione Emilia-Romagna.
- BETTELLI G., CONTI S. & PANINI F. (1994) - *Brecce poligeniche a matrice argillosa alla base della Successione Epiligure della coltre della Val Marecchia (Appennino Tosco-marchigiano): implicazioni tettoniche*. Atti Ticinesi Sci. Terra, **37**: 111-131.

- BETTELLI G. & PANINI F. (1991) - *Liguridi, mélanges e tettoniti nel Complesso caotico lungo la "Linea del Sillaro"* (Appennino Settentrionale, Provincie di Firenze e Bologna). Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **46**: 387-415 (1992).
- BOCCALETTI M., BONINI M., CALAMITA F., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PIERANTONI P., SANI F. & VALLERI G. (1992) - *Escursione B5 - Trasversale dalla Toscana meridionale ai fronti esterni del Cervarola e della Marnoso-Arenacea*. In: Guide alle escursioni post-congresso. 76^a Riunione Estiva Soc. Geol. It. 24-26 settembre 1992, p. 279-332.
- BOCCALETTI M., COLI M., DECANDIA F., GIANNINI E. & LAZZAROTTO A. (1980) - *Evoluzione dell'Appennino Settentrionale secondo un nuovo modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., **21**: 359-373.
- BOCCALETTI M. COLI M. & NAPOLEONE G. (1977) - *Nuovi allineamenti strutturali da immagini land-sat e rapporti con l'attività sismica negli Appennini*. Boll. Soc. Geol. It., **96**: 679-694.
- BONINI M. (1990) - *Analisi strutturale dei thrust appenninici esterni nel settore compreso tra Badia Prataglia e Caprile*. Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Firenze, 135 pp.
- BORTOLOTTI V., (1962) - *Stratigrafia e tettonica dei terreni alloctoni (Ofioliti e Alberese) nei dintorni di Pieve S. Stefano (Arezzo)*. Boll. Soc. Geol. It., **81** (2): 257-306.
- BORTOLOTTI V. (ED.) (1992) - *Guide geologiche regionali. Appennino Tosco-emiliano*. BE-MA Ed., Milano, 329 pp.
- BORTOLOTTI V. & FARAONE D. (1980) - *Reworked ophiolites in the Eocene flysch of the upper Tiber valley*. Excursion D. VI Ophiolite Field Conf., Italy June 1980, Field Excursion Guidebook, GLOM, Firenze, p. 51-57.
- BORTOLOTTI V., FAZZUOLI M., PANDELI E., PRINCIPI G., BABBINI A. & CORTI S. - *Geology of Central and Eastern Elba Island, Italy*. Ofioliti, **26**: 97-151.
- BORTOLOTTI V. & PRINCIPI G. (2005) - *Tethyan ophiolites and Pangea break-up*. Island Arc, **14**: 442-470.
- BORTOLOTTI V., PRINCIPI G. & TREVES B. (2001b) - *Ophiolites, Ligurides and the tectonic evolution from spreading to convergence of a Mesozoic Western Tethys segment*. In: I. P. Martini and G. B. Vai (Eds.) *Anatomy of an Orogen: the Apennines and adjacent mediterranean basins*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, p. 151-164.
- BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., VALENSISE G. & GASPERINI P. (1997) - *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*, ING-SGA, Bologna, 644 pp. con CD-ROM.
- BRUNACCI S., FARAONE D & GIAQUINTO S. (1976) - *Indagini petrografiche e chimiche su ofioliti della Toscana. 2- Gli afloramenti nei dintorni di Pieve S. Stefano (Arezzo)*. Ofioliti, **1**: 163-198.
- CAMASSI R. & M. STUCCHI (1997) - *NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno*, in rete Internet: <http://emidius.itim.mi.cnr.it/NT/home.html>.
- CAPUANO N., TONELLI G. & VENERI F. (1987) - *Rapporti fra la successione «autoctona» ed i complessi alloctoni nell'area della Val Marecchia dal Miocene superiore al Pliocene inferiore*. Mem. Soc. Geol. It., **39**: 165-173.
- CASAGLI N., FAZZUOLI M., FOCARDI P., GARZONIO C.A., IOTTI A., PANDELI E., TARCHIANI U. & VANNOCCI P. (1993) - *Aspetti geologici, geomorfologici e geotecnica di alcune aree rappresentative*. IV Seminario deformazioni profonde in Toscana. 24-28 Maggio 1993. Univ. Firenze, 72 pp.
- CASAGLI N., FOCARDI P., GARDUÑO V. H., GARZONIO C. A., TARCHIANI U. & VANNOCCI P. (1994) - *Large-scale complex slope movements at Sasso di Simone-Mt. Simocello*. Mem. Soc. Geol. It., **48**: 873-880.
- CATANZARITI R., RIO D. & MARTELLI L. (1997) - *Late Oligocene calcareous nannofossil biostratigraphy in northern Apennines: the Ranzano Sandstone*. Mem. Sci. Geol., **49**: 207-253.
- CECCOLINI & CENERINI (1998) - *Parchi riserve e aree protette della Toscana*. Tipografia Vieri. Roccastrada (Grosseto), 174 pp.
- CENCETTI C. & VIGLIONE F. (1995) - *La frana di Pieve S. Stefano (Toscana Orientale) e l'occlusione del F. Tevere del 1855*. Quad. Geol. Appl., **1**: 107-114.

- CENTAMORE E. & DEIANA (EDS.) (1986) - *La geologia delle Marche*. Studi Geol. Cameriti, Vol. Spec., 145 pp.
- CENTAMORE E. & MICARELLI A. (1991) - *Stratigrafia*. In: *L'ambiente fisico delle Marche - Geologia, Geomorfologia, Idrogeologia*. Regione Marche - Giunta Regionale - Assessorato urbanistica-ambiente. S.EL.CA., Firenze, p. 5-58.
- CERRINA FERONI A., LEONI L., MARTELLI L., MARTINELLI P., OTTRIA G. & SARTI G. (2001) - *The Romagna Apennines, Italy: an eroded duplex*. Geol. J., **36**: 39-54.
- CHIOCCHINI U., CHIOCCHINI M., CIPRIANI N. & TORRICINI F. (1986) - *Petrografia delle unità turbiditiche della Marnoso-Arenacea nella alta Valle Tiberina*. Mem. Soc. Geol. It. (1988), **35**: 57-73.
- CIBIN U. & DI GIULIO A. (1996) - *Proposta di normativa per l'analisi della composizione delle areniti al microscopio ottico nell'ambito della Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000*. Boll. Serv. Geol. It., (2001), **115**: 87-98
- CIBIN U., DI GIULIO A., MARTELLI L., CATANZARITI R., POCCIANTI C., ROSSELLI S. & SANI F. (2004) - *Factors controlling foredeep turbidite deposition: the case of Northern Apennines (Oligo-Miocene, Italy)*. In: LOMAS S. (Ed.), *Confined turbidite systems*. Geol. Soc. London, Spec. Publ., **222**: 115-134.
- CNR - COMMISSIONE PER LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA (a cura della) (1992) - *Carta Geologica d'Italia - 1:50.000 Guida al Rilevamento*. Serv. Geol. Naz. - Quaderni, Serie III, **1**, 203 pp.
- CONTI S. (1989) - *Geologia dell'Appennino marchigiano-romagnolo tra le valli del Savio e del Foglia. (Note illustrative alla carta geologica a scala 1:50.000)*. Boll. Soc. Geol. It., **108**: 453-490.
- CONTI S. (1994) - *La geologia dell'alta val Marecchia (Appennino Tosco-Marchigiano), Note Illustrative alla carta geologica 1:50.000*. Atti Ticinesi Sci. Terra, **37**: 51-98.
- CONTI S., FREGNI P. & GELMINI R. (1987) - *L'età della messa in posto della coltre della Val Marecchia. Implicazioni paleogeografiche e strutturali*. Mem. Soc. Geol. It., **39**: 143-164.
- COSTA E., DI GIULIO A., NEGRI A. & PLESI G. (1991) - *CROP03. Settore compreso tra Castiglion Fiorentino e Bocca Trabaria: nuovi dati stratigrafici, petrografici e strutturali*. Studi Geol. Cameriti, **Vol. Spec. 1991/1**: 217-234.
- CORTESOGNO L., GIANELLI G. & PICCARDO G.B. (1975) - *Pre-orogenic metamorphic and tectonic evolution of the ophiolite mafic rocks (Northern Apennine and Tuscany)*. Boll. Soc. Geol. It., **94**: 291-321.
- CORTESOGNO L., GALBIATI B. & PRINCIPI G. (1987) - *Note alla "Carta geologica delle ofioliti del Bracco" e ricostruzione della paleogeografia Giurassico-Cretacica*. Ofioliti, **12**: 261-342.
- DE DONATIS M. (1992) - *Schema geologico dell'Alta Val Marecchia: contributo alla comprensione della tettonica trasversale dell'Appennino Settentrionale*. Studi Geol. Cameriti, **12**: 57-70.
- DE DONATIS M. (1993) - *Considerazioni stratigrafiche e tettoniche sulla successione Falterona-Vicchio nell'Alta Val Marecchia (Appennino Settentrionale)*. Giorn. Geol., **55**: 35-49.
- DE FEYTER A.J. (1982) - *The structure of the northern Umbrian Apennines, Italy*. Geol. Mijnbouw, **61**: 183-189.
- DE FEYTER A.J. (1991) - *Gravity tectonics and sedimentation of the Montefeltro, Italy*. Geol. Ultraiectina, **35**, 168 pp.
- DE FEYTER A.J., KOOPMAN A., MOLENAAR N. & VAN DEN ENDE C. (1986) - *Detachment tectonics and sedimentation, Umbro-Marchean Apennines, Italy*. Boll. Soc. Geol. It., **105**: 65-85.
- DELLE ROSE M., GUERRERA F., MORETTI E. & RUSCIADELLI G. (1990) - *Evoluzione del segmento interno dell'Avanfossa Appenninica durante il Miocene medio (Spartiacque toско-romagnolo)*. Giorn. Geol., **52**: 135-158.
- DELLE ROSE M., GUERRERA F., MORETTI E., RUSCIADELLI G. & CORONA F. (1991) - *The Marnoso-arenacea Fm. between Bocca Trabaria and Campagna (Northern Apennines): lithostratigraphy from the Schlier to the Verghereto Marls Fms., in a new structural context*. Giorn. Geol. **53**: 131-145.

- DELLE ROSE M., GUERRERA F., RENZULLI A., RAVASZ-BARANYAI L. & SERRANO F. (1994) - *Stratigrafia e petrografia delle Marne di Vicchio (Unità tettonica Cerravola) dell'alta Val Tiberina (Appennino Tosco-romagnolo)*. Boll. Soc. Geol. It., **113**: 675-708.
- DI GIULIO A., MANCIN N. & MARTELLI L. (2002) - *Geohistory of the Ligurian orogenic wedge: first inferences from epiligurian sediments*. Boll. Soc. Geol. It. Vol. **Spec. 1**: 375-384
- DI GIULIO A. & VALLONI R. (1992) - *Analisi microscopica delle arenite terrigene: parametri petrologici e composizioni modali*. Acta Natur. Ateneo Parmense, **28**: 55-101.
- FAZZINI P. & GELMINI R. (1982) - *Tettonica trasversale nell'Appennino Settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It. **24**: 299-309.
- FAZZUOLI M., FERRINI G., PANDELI E. & SGUAZZONI G. (1985) - *Le formazioni giurassico-mioceniche della Falda Toscana a Nord dell'Arno: considerazioni sull'evoluzione sedimentaria*. Mem. Soc. Geol. It., **30**: 159-201.
- FAZZUOLI M., SANI F., FERRINI G., GARZONIO C.A., SGUAZZONI G., BECARELLI S., BURCHIETTI G., MANNORI G. (1998) - *Geologia del nucleo mesozoico della Val di Lima (Province di Pistoia e Lucca, Appennino Settentrionale). Nota illustrativa della carta geologica (Scala 1:25.000)*. Boll. Soc. Geol. It., **117**: 479-535.
- FAZZUOLI M. & SGUAZZONI G. (1986) - *Jurassic and Cretaceous isopic zones in the Tuscan domain*. Mem. Soc. Geol. It., **31**: 59-84.
- FINETTI I., BOCCALETTI M., BONINI M., DEL BEN A., GELETTI R., PIPAN M., SANI F. (2001) - *Crustal section based on CROP seismic data across the north Tyrrhenian-Northern Apennines-Adriatic Sea*. Tectonophysics, **343**: 135-163.
- FINETTI I., BOCCALETTI M., BONINI M., DEL BEN A., PIPAN M., PRIZZON A., SANI F. (2005) - *Lithospheric tectono-stratigraphic setting of the Ligurian Sea - Northern Apennines - Adriatic Foreland from Integrated CROP Seismic Data*. In FINETTI I. (Ed.), *Deep seismic exploration of the Central Mediterranean and Italy*, CROP PROJECT, Elsevier, p. 119-158.
- FIORE R. (1994) - *Geologia della zona di Pieve S. Stefano (con rilevamento geologico)*. Tesi di Laurea inedita, Univ. Firenze, 120 pp.
- FORNACIARI E. & RIO D. (1996) - *Latest Oligocene to Early Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropal., **42**: 1-36.
- FORNACIARI E., DI STEFANO A., RIO D. & NEGRI A. (1996) - *Middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropal., **42**: 37-63.
- FREPOLI A. & AMATO A. (1997) - *Contemporaneous extension and compression in the Northern Apennines from earthquake fault-plane solutions*, Geophys. J. Int., **129**: 368-388.
- GANDOLFI G., PAGANELLI L. & ZUFFA G.G. (1983) - *Petrology and dispersal pattern in the Marnoso-Arenacea Formation (Miocene, Northern Apennines)*. J. Sedim. Petr., **53**: 493-507.
- GASPERINI P. AND VANNUCCI G. (2003) - *FPSPACK: a package of simple FORTRAN subroutines to manage earthquake focal mechanism data*. Computers & Geosciences, **29**: 893-901.
- GIANELLI G. & PRINCIPI G., 1974. *Studies on mafic and ultramafic rocks. 4. - Breccias of the ophiolitic suite in the Monte Bocco area (Ligurian Apennine)*. Boll. Soc. Geol. It., **93**: 277-308.
- GRUPPO DI LAVORO CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI (1999) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*", ING GNDT SGA SSN, Ed. Compositori, Bologna, pp. 92, ISBN 88-7794-201-0.
- GRUPPO DI LAVORO CATALOGO STRUMENTALE DEI TERREMOTI ITALIANI (CSTI) (2001) - *Catalogo strumentale dei terremoti Italiani dal 1981 al 1996 (Versione 1.0)*, CD-ROM, Clueb, Bologna, ISBN 88-491-1734-5.
- GRUPPO NAZIONALE DIFESA DAI TERREMOTI (GNDT) del CNR (versione Aprile 1996) http://emi-dius.mi.ingv.it/GNDT/ZONE/zone_sismo.html, 2003.
- JACOBACCI A., BERGOMI C., CENTAMORE E., MALATESTA A., Malferrari N., Martelli G., Pannuzzi L. & ZATTINI N. (1970). *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Fogli 115 "Città di Castello" 122 "Perugia" 130 "Orvieta"*. Serv. Geol. d'It., Roma, 151 pp.

- LIOTTA D. (1991). *The Arbia-Marecchia Line, Northern Apennines*. Ecl. Geol. Helv., **84**: 413-430.
- MANCIN N. (1999) - *Biostratigrafia delle successioni epiliguri tra l'Eocene medio ed il Miocene inferiore*. Tesi di Dottorato, Università di Pavia.
- MANNORI G & SANI F. (1987) - *Analisi strutturale dei depositi neogenici neoautoctoni e semialloc-toni della Val Marecchia*. Acta Natur. Ateneo Parmense, **23**: 61-76.
- MARTINI E. (1971). *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation*. In: A. FARINACCI (Ed.), Proceed. II Planktonic Conf., Roma 1970, **2**: 739-785.
- MERLA G. (1951) - *Geologia dell'Appennino Settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., **70** (1): 95-382.
- MORONI LANFREDINI A. & RONCHITELLI A. (2000) - *L'industria aurignaziana di San Cassiano (Caprese Michelangelo - AR)*. Rassegna di Archeologia, **17**: 69-86.
- MUTTI E. (1985) - *Turbidite systems and their relations to depositional sequence*. In: G.G. ZUFFA (Ed.), *Provenance of Arenites*. D. Reidel Publ. Comp., p. 65-93.
- MUTTI E. (1992) - *Turbidite sandstones*. Agip Spa, S. Donato Milanese, 165 pp.
- MUTTI E. & NORMARK W.R. (1987) - *Comparing examples of modern and ancient turbidite systems: problems and concepts*. In: LEGGETT J.K. & ZUFFA G.G. (Eds.), *Marine clastic sedimentology*. Graham and Trotam, London, p. 1-38.
- NOCCHI M. & CATINELLI A. (1964) - *Cenni sulla stratigrafia della "Serie Toscana" e della "Serie Umbra" nell'alta Val Tiberina*. Boll. Soc. Geol. It., **83**: 526-542.
- PANDELI E., VANNUCCHI P. & MONECHI S. (1997) - *Clasti erratici cristallini negli Scisti Varicolori oligocenici dell'Unità Cervarola-Falтерна (Toscana Orientale)*. Boll. Soc. Geol. It., **116**: 379-405.
- PASSERINI P. (1958) - *Osservazioni sui terreni alloctoni dell'alta valle del Savio*. Boll. Soc. Geol. It., **77** (2): 76-95.
- PIZZIOLO M. & RICCI LUCCHI F. (1991) - *Le Marne di Vicchio nel quadro evolutivo dei bacini oligo-miocenici dell'Appennino Settentrionale (Zona del Casentino)*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **46**: 287-300.
- PLESI G., LUCHETTI L., BOSCHERINI A., BOTTI F., BROZZETTI F., BUCEFALO PALLIANI R., DANIELE G. MOTTI A. & RETTORI R., (2002) - *The Tuscan succession of the high Tiber Valley (Foglio 289 - Città di Castello): biostratigraphic, petrographic and structural features, regional correlations*. Boll. Soc. Geol. It., **Vol. Spec. 1**: 425-436.
- POCCIANTI C. (1992) - *Analisi strutturale dei terreni Mio-Pliocenici della Successione Umbro-Marchigiano-Romagnola nell'area compresa tra Badia Tedalda e Auditore, e dei loro rapporti con le Unità Liguri ed Epiliguri della coltre alloctona della Val Marecchia*. Tesi di Dottorato, Univ. Firenze, 134 pp.
- PONDRELLI S., MORELLI A., EKSTROM G., MAZZA S., BOSCHI E. & DZIEWONSKI A.M. (2002) - *European-Mediterranean Regional Centroid Moment Tensors Catalog: 1997-2000*. Phys. Earth Planet. Int., **130**: 71-101.
- PONZANA L. (1993) - *Caratteristiche sedimentologiche e petrografiche della Formazione di Monte Morello (Eocene inferiore-medio, Appennino Settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **112**: 201-218.
- PRINCIPI G., BORTOLOTTI V., CHIARI M., CORTESOGNO L., GAGGERO L., MARCUCCI M., SACCANI E. & TREVES B., 2004. *The pre-orogenic volcano-sedimentary covers of the Western Tethys oceanic basin: a review*. Ofioliti, **29**: 177-211.
- PRINCIPI G. & TREVES B., 1984 - *Il sistema corso-appenninico come prisma d'accrezione. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennino*. Mem. Soc. Geol. It., **28**: 549-576.
- RICCI LUCCHI F. (1975) - *Miocene palaeogeography and basin analysis in the peri-Adriatic Apennines*. In C. SQUIRES (Ed.) *Geology of Italy*, PESL-Tripoli., **2**: 129-236.
- RICCI LUCCHI F. (1981) - *The Miocene Marnoso-Arenacea turbidites, Romagna and Umbria Apennines*. Excursion No. 7, Excursion Guidebook, 2nd European Regional Meeting IAS, 230-303.
- RICCI LUCCHI F. (1986) - *The Oligocene to Recent foreland basins of the Northern Apennines*. Spec. Publ. IAS, **8**: 105-139.
- RICCI LUCCHI F. (1987) - *The foreland basin system of the Northern Apennines and the related clastic wedges: a preliminary outline*. Giorn. Geol., **48**: 165-185.

- RICCI LUCCHI F. & ORI G.G. (1985) - *Field excursion D: syn-orogenic deposits of a migrating basin system in the NW Adriatic Foreland*. In: P.H. ALLEN, P. HOMEWOOD & G. WILLIAMS (Eds.) "Excursion Guidebook". Foreland Basins Symp. Fribourg, p. 137-176.
- RODOLICO F. (1953) - *Le pietre delle città d'Italia*. Le Monnier, Firenze, 475 pp.
- ROTH P. (1978) - *Cretaceous nanoplankton biostratigraphy and oceanography of the Northwestern Atlantic Ocean*. REP. DSDP, LEG 44, 731-759.
- ROVERI M., ARGNANI A., LUCENTE C.C., MANZI V., RICCI LUCCHI F. (1999) - *Guida all'escursione nelle valli del Marecchia e del Savio*. Gruppo Informale di Sedimentologia CNR, Riunione Autunnale, Rimini, 3-6 ottobre, 52 pp.
- RUGGIERI G. (1958) - *Gli esotici neogenici della colata gravitativa della Val Marecchia*. Atti Accad. Sci. Lett. Arti Palermo, Ser.4, **17/1**, 169 pp.
- RUGGIERI G. (1970) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 108 Mercato Saraceno*. Serv. Geol. d'It., 20 pp.
- SANI F. (1990a) - *Rilevamento strutturale della catena Appenninica nel settore Firenzuola-Bocca Trabaria*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **46**: 327-337.
- SANI F. (1990b) - *I thrust appenninici esterni nel settore Firenzuola-Bocca Trabaria. Evoluzione deformativa ed implicazioni strutturali*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec., p. 87-97.
- SERRANO F., GUERRERA F. & DELLE ROSE M. (1993) - *Sobre la presencia del grupo Globorotalia fohsi en las Margas de Viechio (Apeninos Septentrionales, Italia). Implicaciones paleoceanográficas*. IX Jornadas de Pleontologia, Malaga, p. 111-116.
- SIGNORINI R. (1940) - *Sulla tettonica dell'Appennino Romagnolo*. Atti R. Acad. Ital., Rend. Cl. Sci. Fis. Mat. Nat., Ser. 7, **1**: 370-383.
- SIGNORINI R. (1946) - *Il lembo di ricoprimento del M. Fumaiolo nell'Appennino Romagnolo*. Atti Acad. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sci. Fis. Mat. Nat., Ser. 8, **1**: 853-859.
- SISSINGH W (1978) - *Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nanoplankton*. Geol. Mijnbouw, **57**: 433-440.
- TEN HAAFF E & VAN WAMEL W.A. (1979) - *Nappes of the Alta Romagna*. Geol. Mijnbouw, **58**: 145-152.
- TREVES B. (1984) - *Orogenic belts as accretionary prisms: the example for the Northern Apennines*. Ofioliti, **9**: 577-618.
- VAI G.B. & CASTELLARIN A. (1992) - *Correlazione sinottica delle unità stratigrafiche nell'Appennino Settentrionale*. Studi Geol. Camerti, **Vol. Spec. 1992/2**: 171-185.
- VANNUCCI G. & GASPERINI P. (2003) - *A database of revised fault plane solutions for Italy and surrounding regions*. Computers & Geosci., **29**: 903-909.
- VASELLI O., TASSI F., MINISSALE A., CAPACCIONI B., MAGRO G., EVANS W.C. (1997) - *Geochemistry of natural gas manifestations from the Upper Tiber Valley (Central Italy)*. Miner. Petrogr. Acta, **40**: 201-212.
- VENERI F. (1986) - *La colata gravitativa della Val Marecchia*. In: E. CENTAMORE & G. DEIANA (Ed.) *La geologia delle Marche*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec., p. 83-87.
- ZUFFA G.G. (1980) - *Hibrid arenites: their composition and classification*. J. Sedim. Petr., **50**: 21-29.
- ZUFFA, G.G. (1985) - *Optical analysis of arenites: influence of methodology on compositional results*. In ZUFFA G.G. (Ed.), *Provenance of Arenites*. North Atlantic Treaty Organiz. Advanced Study Inst. Series, D. Reidel, Dordrecht, **148**, p. 165-189.

BIBLIOGRAFIA CARTOGRAFICA

- ANTOLINI P., CREMONINI G., & PIALLI G. (2001) - *Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000, Foglio 254 Modigliana*. Serv. Geol. d'It., Regione Emilia-Romagna.
- BONINI M. (1990) - *Carta geologica dell'area compresa tra Badia Prataglia e Caprile*. Scala 1:25.000. Tesi di laurea inedita, Univ. Studi di Firenze.
- BONINI M., MORELLI M. & SANI F. (1990) - *Carta geologico-strutturale dell'area compresa tra Firenzuola e Bocca Trabaria*. Scala 1:100.000. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **46**.
- BORTOLOTTI V. (1962) - *Carta geologica dei dintorni di Pieve S. Stefano*. Scala 1:25.000. Boll. Soc. Geol. It., **81** (2).
- CONTI S. (1994) - *Carta geologica dell'alta Val marecchia (Appennino Tosco-Marchigiano)*. Scala 1:50.000. Atti Tic. Sci. Terra, **37**.
- DE DONATIS M. (1995a) - *Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo 1:10.000 della Regione Emilia Romagna (Sez. 278010-278050 Verghereto-Valsavignone)*. 1995.
- DE DONATIS M. (1995b) - *Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo 1:10.000 della Regione Emilia Romagna (Sez. 278020-278060 Casteldelci-Pratieghi)*. 1995.
- DE FEYTER A.J. (1991) - *Geological map of the southern Montefeltro (Italy)*. Scala 1:25.000. Geol. Ultraiectina, **35**.
- FIGURE R. (1994) - *Carta geologica della zona di Pieve S. Stefano*. Scala 1:10.000. Tesi di Laurea inedita, Univ. Firenze.
- POCCIANI C. (1992) - *Carta geologica dell'area compresa tra Badia Tedalda e Auditore (Appennino Umbro-Marchigiano)*. Scala 1:25.000. Tesi di Dottorato, Univ. Firenze.

PROGETTO
CARGO