ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

SERVIZIO GEOLOGICO D' ITALIA
Organo Cartografico dello Stato (legge n°68 del 2.2.1960)

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

foglio 452

RIONERO IN VULTURE

A cura di:
A. Colella[1], P. Giannandrea[1], M. Lazzari[2], S. Longhitano[1], M. Schiattarella[1]

con i contributi di:
C. Principe[3] (geocronologia e caratteri petro-chimici delle vulcaniti)
P. Maiorano[4] (biostratigrafia)**, F. Gizzi[2]** (sismicità storica)

[1] Dipartimento di Scienze, Università della Basilicata.
[2] Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali, CNR, Potenza.
[3] Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa.
[4] Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali, Università di Bari Aldo Moro.

Ente realizzatore:

REGIONE BASILICATA

PROGETTO CARG

Direttore del Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA: **C. Campobasso**

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

Responsabili del Progetto CARG per la Regione Basilicata: **B. Anzidei, M.C. Bruno**

Gestione operativa del Progetto CARG per il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA: **M.T. Lettieri**
Gestione operativa del Progetto CARG per la Regione Basilicata: **B. Anzidei**

PER IL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA - ISPRA

Revisione scientifica:
R. Di Stefano (†)**, A. Fiorentino, F. Papasodaro, P. Perini** (sedimentario)
R. Bonomo, V. Ricci, L. Vita (vulcanico)

Coordinamento cartografico:
D. Tacchia (coord.), **V. Pannuti** (†)

Revisione informatizzazione dei dati geologici:
L. Battaglini, R. Carta, A. Fiorentino (ASC)

Coordinamento editoriale:
D. Tacchia (coord.), **V. Pannuti** (†)

PER LA REGIONE BASILICATA

Coordinamento scientifico ed editoriale:
M. Schiattarella

Coordinamento informatizzazione:
B. Anzidei

Informatizzazione ed allestimento cartografico per la stampa
a cura di **SYSTEMCART** - ROMA

Gestione tecnico-amministrativa del Progetto CARG per la Regione Basilicata:
B. Anzidei

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

Stampa:

PROGETTO CARG

INDICE

I - INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .. pag. 5

II - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE ..... » 7
1. - CARATTERI STRUTTURALI E GEODINAMICI DELL'APPENNINO MERIDIONALE ..... » 10
2. - CARATTERI MORFOTETTONICI DELL'APPENNINO MERIDIONALE ..... » 15

III - INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL FOGLIO ..... » 17
1. - ASSETTO TETTONICO GENERALE DELL'AREA DEL FOGLIO E PRECEDENTI CONOSCENZE ..... » 17
2. - IL VULCANO DEL MONTE VULTURE ..... » 19
3. - GEOCRONOLOGIA DEI PRODOTTI VULCANICI ..... » 23
4. - CARATTERI PETRO-CHIMICI DELLE VULCANITI DEL MONTE VULTURE ..... » 26

IV - CENNI DI GEOMORFOLOGIA ..... » 29
1. - CARATTERI GENERALI ..... » 29
2. - FRANOSITÀ ..... » 30

V - BIOSTRATIGRAFIA ..... » 31

VI - STRATIGRAFIA DELLE SUCCESSIONI DEL SUBSTRATO ..... » 35
1. - UNITÀ TETTONICHE DELLA CATENA APPENNINICA ..... » 36
1.1. - Unità Tettonica di Groppa d'Anzi ..... » 37
1.2. - Unità tettonica di San Chirico ..... » 39
1.3. - Unità tettonica della Daunia ..... » 41

VII - STRATIGRAFIA DELLE SUCCESSIONI PLIOCENICHE E QUATERNARIE ..... » 43
1. - UNITÀ PLIO-PLEISTOCENICHE DELLA CATENA APPENNINICA ..... » 43
1.1. - Supersintema di Ariano Irpino ..... » 43
1.2. - Supersintema della Fiumara di Atella ..... » 47
2. - UNITÀ PLEISTOCENICHE DELL'AVANFOSSA BRADANICA ..... » 47
3. - UNITÀ VULCANICHE DEL MONTE VULTURE E DEI BACINI SEDIMENTARI AD ESSO ASSOCIATI ..... » 51

PROGETTO CARG

3.1. - Supersintema di Monte Vulture ..... » 52
3.2. - Supersintema di Monticchio ..... » 57
3.2.1. - *Unità vulcaniche* ..... » 57
3.2.2. - *Bacino della Fiumara di Atella e del Fosso dello Stroppito* ..... » 58
4. - UNITÀ UBIQUITARIE COMPLETAMENTE FORMATE ..... » 59
5. - UNITÀ UBIQUITARIE IN FORMAZIONE ..... » 60

VIII - SISMICITÀ STORICA ..... » 61
1. - INQUADRAMENTO ..... » 61
2. - RICOSTRUZIONE DELLA SISMICITÀ DI SITO: CRITERI ..... » 62
3. - QUADRO SPAZIO-TEMPORALE DEGLI EFFETTI NELL'AREA DEL FOGLIO ..... » 63

IX - GEOLOGIA APPLICATA, IDROGEOLOGIA E RISORSE NATURALI ..... » 71
1. - CARATTERI IDROGEOLOGICI ..... » 71
2. - CARATTERI IDROGRAFICI ..... » 74
3. - ASPETTI CLIMATICI ..... » 75
4. - RISORSE RINNOVABILI ..... » 76
4.1. - Sorgenti ..... » 76
5. - RISORSE NON RINNOVABILI ..... » 80
5.1. - Manifestazioni metanifere e gassigere ..... » 80
5.2. - Cave ..... » 80

ABSTRACT ..... » 81

BIBLIOGRAFIA ..... » 84

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

I - INTRODUZIONE ED INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area del Foglio 452 "Rionero in Vulture" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 è posizionata in Italia meridionale, nel settore nord-orientale della Basilicata, a cavallo del fronte della catena sud-appenninica e dell'antistante avanfossa ("Fossa bradanica" *Auctt*.). Nell'area rientrano i territori comunali di Acerenza, Atella, Avigliano (Frazioni di Filiano e di Lagopesole), Banzi, Barile, Forenza, Ginestra, Maschito, Palazzo S. Gervasio, Rapolla, Rionero in Vulture, Ripacandida e Venosa. Il foglio comprende parte della media valle del Fiume Ofanto, con alcuni suoi affluenti in destra orografica, tra i quali il maggiore è rappresentato dalla Fiumara di Atella, e parte dell'alta valle del Fiume Bradano, che nasce dal Piano del Conte (Lagopesole), con i suoi due affluenti di sinistra (T.te Ginestrello e T.te La Fiumarella).

L'area della carta ricade in dodici tavolette alla scala 1:25.000 (Fig. 1) della vecchia cartografia I.G.M. (187 IV NE "Melfi" p.p.; 187 I NO "Venosa"; 187 I SE "Forenza"; 187 I SO "Ripacandida"; 187 I NE "Stazione di Venosa-Maschito"; 187 II NO "Filiano" p.p.; 187 II NE "Acerenza" p.p.; 188 IV NO " Palazzo S. Gervasio" p.p.; 188 IV SO "Genzano di Lucania" p.p.; 188 III NO "Oppido Lucano" p.p.;187 IV SE "Atella" p.p.; 187 III NE "Sant'Ilario di Atella" p.p.). Ai fini del rilevamento geologico sono state utilizzate, oltre alle basi topografiche I.G.M., la cartografia a scala 1:5.000 della Cassa del Mezzogiorno e, ove disponibili, le restituzioni aereofotogrammetriche a scala 1:10.000.

La carta geologica include unità del substrato meso-cenozoico, successioni clastiche plioceniche e terreni sedimentari e vulcanici quaternari. Nell'ambito del substrato sono state distinte più unità tettoniche, comprendenti successioni litostratigrafiche continue e concordanti, oltre a diverse unità litostratigrafiche il cui rapporto con le unità più antiche è di tipo discordante e discontinuo. Le unità plioceniche corrispondono alle successioni sedimentarie clastiche dei bacini della catena appenninica, mentre quelle quaternarie sono rappresentate dai depositi regressivi

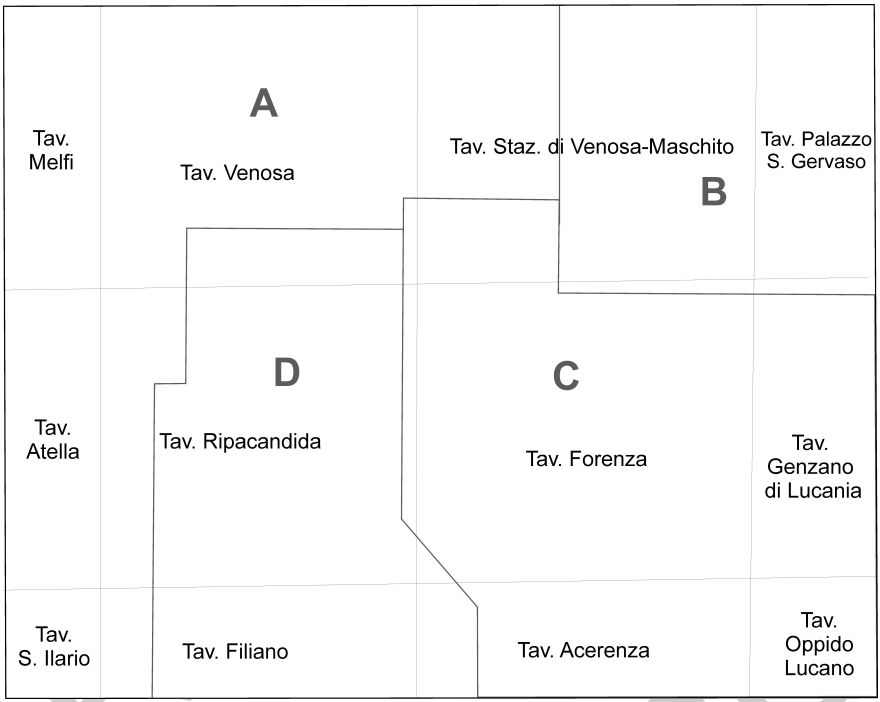


Fig. 1 - *Quadro d'insieme dei rilevamenti e delle tavolette IGM alla scala 1:25:000 del Foglio 452 "Rionero in Vulture" (Coordinatore: A. Colella; Direttore del rilevamento: M. Schiattarella). Rilevatori: A = P. Giannandrea; B = M. Lazzari; C = S. Longhitano; D = G. Vitale.*

dell'Avanfossa Bradanica, dai depositi alluvionali terrazzati, suddivisi per bacino di pertinenza, e dai prodotti vulcanici del Monte Vulture.

I lavori di rilevamento del Foglio 452 "Rionero in Vulture" sono stati coordinati da A. Colella e diretti da M. Schiattarella del Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università della Basilicata. C. Principe dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR di Pisa ha curato la consulenza per la stratigrafia e la datazione assoluta dei terreni vulcanici. P. Giannandrea, M. Lazzari, S. Longhitano e G. Vitale hanno eseguito il rilevamento geologico dell'area del foglio per quanto concerne le unità sedimentarie, mentre P. Giannandrea ha rilevato i terreni vulcanici (Fig. 1). Gli stessi rilevatori hanno curato gli studi stratigrafici e sedimentologici dei depositi terrigeni miocenici, dei depositi clastici pliocenici e pleistocenici e di quelli epiclastici associati alle unità vulcaniche. P. Maiorano del Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari ha eseguito le analisi biostratigrafiche per le associazioni a nannofossili e per quelle a foraminiferi.

PROGETTO

II - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'Appennino meridionale (Figg. 2 e 3) occupa il settore centro-meridionale dell'Italia peninsulare ed è delimitato a nord dalla Linea Ortona-Roccamonfina e a sud dalla Linea del Pollino. Esso rappresenta una struttura collisionale prodotta dalla convergenza tra le placche litosferiche africana ed europea nell'intervallo Cretacico superiore - Quaternario, che può essere definita, nell'accezione più am-

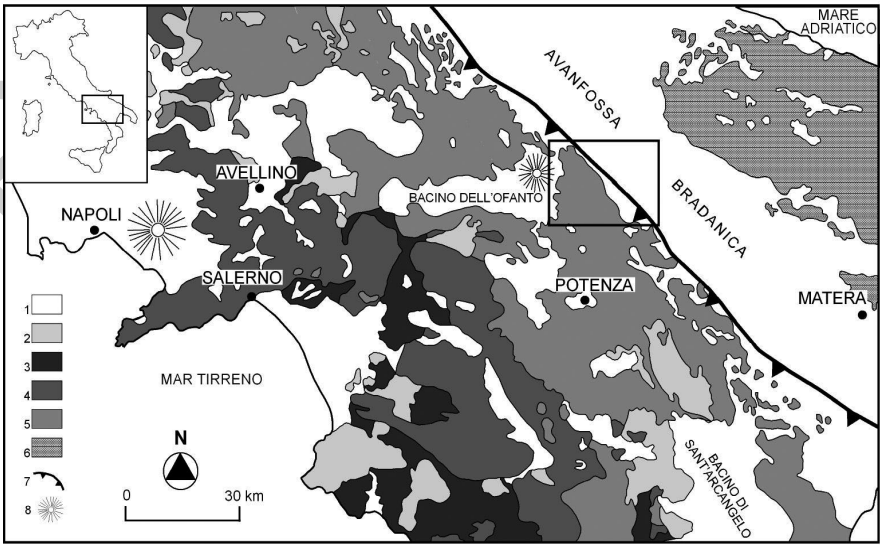


Fig. 2 – *Schema geologico regionale e ubicazione dell'area del Foglio 452 "Rionero in Vulture" (nel riquadro). Legenda: 1) sedimenti plio-quaternari e vulcaniti quaternarie; 2) depositi sinorogenici miocenici; 3) unità interne ofiolitifere cretaceo-oligoceniche; 4) carbonati meso-cenozoici della piattaforma sudappenninica; 5) successioni triassico-mioceniche del Bacino di Lagonegro; 6) carbonati meso-cenozoici della Piattaforma Apula; 7) fronte di sovrascorrimento della catena; 8) edifici vulcanici.*

pia del termine, come un prisma di accrezione (Cello *et alii*, 1989). Nel contesto generale dei movimenti di convergenza Africa-Europa, possono essere distinti tre principali elementi strutturali: un dominio di avampaese, un dominio di catena rappresentato dall'Appennino meridionale e un dominio di retroarco.

Il dominio di avampaese nell'Appennino meridionale e nel corrispondente Sistema Maghrebide in Sicilia, è rappresentato da settori con diverse caratteristiche crostali e coperture sedimentarie (Blocco Pelagiano, Blocco Apulo e Bacino Ionico), separati da strutture di importanza litosferica, quali la Scarpata di Malta e la Scarpata Apula (Fig. 3). I Blocchi Apulo e Pelagiano sono costituiti da crosta continentale, caratterizzata da spessori dell'ordine di 25-30 km (Boccaletti *et alii*., 1984) su cui giacciono potenti successioni carbonatiche meso-cenozoiche in facies di piattaforma. Nelle aree del dominio di avampaese adiacente alla catena, si sviluppano potenti successioni terrigene di età plio-pleistocenica dell'Avanfossa Bradanica, in Appennino meridionale, e dell'Avanfossa di Gela, in Sicilia. Nel Bacino Ionico, invece, c'è una crosta continentale assottigliata e una crosta oceanica che rappresenta un probabile residuo della Neo-Tetide giurassica. In questo domi-

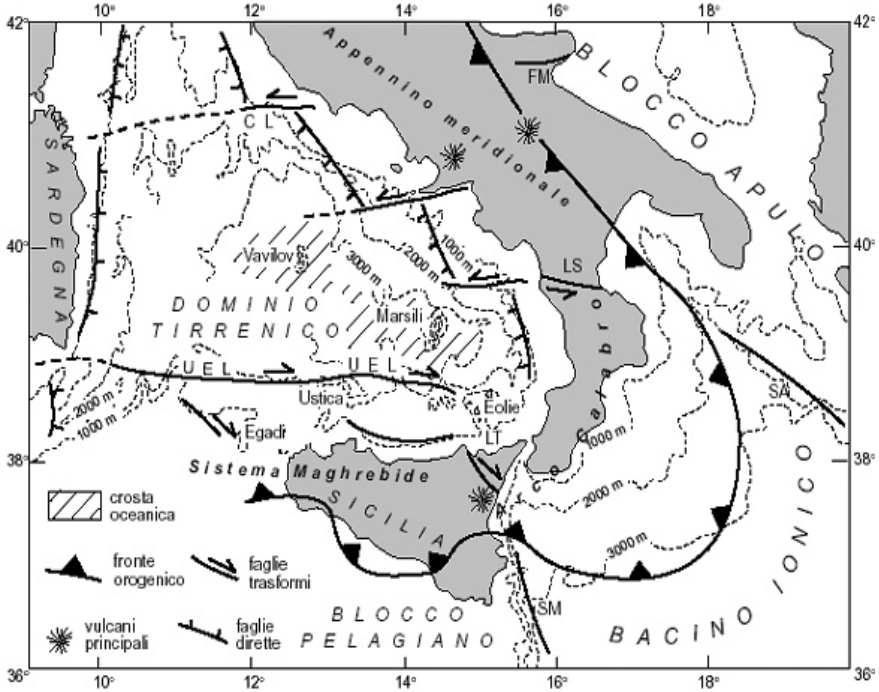


Fig. 3 - *Schema tettonico del sistema Tirreno - Appennino meridionale (modificato da* Renda et alii*, 2000). Acronimi: FM = Faglia di Mattinata; CL = Linea del Circeo; LP: Linea del Pollino; UEL: Linea Ustica-Eolie; SA: Scarpata Apula; LT: Linea di Taormina; SM: Scarpata di Malta.*

nio ci sono spessori crostali di circa 10-15 km, che includono potenti successioni sedimentarie (2000-6000 m) di carbonati meso-cenozoici e di depositi terrigeni di età Miocene superiore - Quaternario.

Il dominio di catena comprende l'Appennino meridionale, allungato in direzione NO-SE, ed il Sistema Maghrebide, che si estende invece in direzione media O-E. Questi due tratti di catena sono collegati attraverso un importante elemento arcuato, l'Arco Calabro, nel quale sono esposte unità di basamento cristallino provenienti dalle porzioni più interne dell'Appennino (Complesso Calabride di Ogniben, 1969).

Il dominio tirrenico di retroarco si è formato a partire dal Tortoniano (Scandone, 1979; Dewey *et alii*, 1989) ed è caratterizzato da una crosta continentale estremamente assottigliata che fa passaggio graduale ad una crosta oceanica dove si sviluppa un vulcanismo quaternario caratterizzato da prodotti a diversa affinità geochimica.

L'Appennino meridionale costituisce un *thrust belt* con un insieme di pieghe e sovrascorrimenti con vergenza verso NE, che coinvolgono terreni del dominio oceanico neotetideo (Unità Liguridi ed Unità Sicilidi), terreni dell'adiacente dominio continentale africano (Blocco Apulo) con sequenze carbonatiche meso-cenozoiche di piattaforma (D'argenio *et alii*, 1973, 1975; Burollet *et alii*, 1978; Patacca *et alii*, 1979) e di bacino ("Bacino di Lagonegro", Scandone, 1975) spesse fino a 10 km, e le relative coperture terrigene terziarie (Ogniben, 1969; Scandone, 1972; Amodio-Morelli *et alii*, 1976). L'edificio orogenico già parzialmente strutturato è sovrascorso sull'avampaese apulo flessurato dal Messiniano in poi, dando origine ad importanti bacini flessurali di avanfossa (Bacino di Sant'Arcangelo e Avanfossa Bradanica, Fig. 2). La parte frontale del *thrust belt* è tettonicamente intercalata ai sedimenti del Pliocene superiore - Pleistocene inferiore del *foredeep* bradanico. Nel settore interno dell'Appennino meridionale sono presenti le coltri cristalline nord-calabresi dell'Arco Calabro derivate dalla delaminazione del paleomargine europeo, e sotto le unità di catena sono state riconosciute, grazie a sondaggi profondi ed all'interpretazione di numerosi profili sismici, successioni apule che formano la cosiddetta "Catena Apula" (Cello *et alii*, 1989).

I terreni del Complesso Liguride (Ogniben, 1969; Knott, 1987) deposti su crosta oceanica durante il Giurassico superiore - Eocene medio, sono costituiti da due unità: la successione sedimentaria a grana fine ofiolitica della formazione delle Crete Nere, e la successione metasedimentaria della formazione del Frido, contenente grossi blocchi esotici di crosta oceanica e continentale. Questi terreni rappresentano i resti di un prisma di accrezione derivante dalla subduzione della crosta oceanica neotetidea (Mauro & Schiattarella, 1988) al di sotto del margine continentale europeo, di cui l'Unità del Frido costituisce la porzione subdotta. Le Unità Liguridi sono ricoperte da due successioni terrigene torbiditiche (formazioni del Saraceno e di Albidona), deposte durante il tardo Eocene e il Miocene

PROGETTO CARG

medio (Bonardi *et alii*, 1985, 1988) in bacini ubicati al tetto del prisma (Monaco & Tortorici, 1995).

Nelle porzioni più esterne dell'Appennino meridionale affiorano i terreni del dominio Sicilide, costituiti da coltri accavallate di sedimenti pelagici del Cretacico superiore - Oligocene cui sono associate torbiditi quarzarenitiche e vulcanoclastiche di età Oligocene superiore - Miocene inferiore (Tufiti di Tusa, formazione di Corleto Perticara e flysch numidico; Carbone *et alii*, 1987). Le coltri sono ricoperte in discontinuità stratigrafica da successioni silicoclastiche torbiditiche del Miocene medio-superiore (flysch di Gorgoglione) deposte in bacini di tipo *thrust-top* dopo la collisione continentale. Il flysch di Gorgoglione giace in discontinuità stratigrafica sulle Sicilidi e sulle Liguridi.

Le porzioni più interne dell'Appennino meridionale sono costituite da successioni carbonatiche mesozoiche di piattaforma (mare basso) e bacino (mare profondo). Le successioni bacinali più complete fanno parte del bacino lagonegrese-molisano (Unità Lagonegresi) e sono costituite dal basso verso l'alto da Calcari con Selce del Triassico superiore - Giurassico inferiore, Scisti Silicei del Giurassico, e da sedimenti argilloso-marnosi silicei del Giurassico superiore - Cretacico inferiore (formazione dei Galestri).

Depositi sinorogenici e postorogenici si sviluppano in bacini che migrano insieme alla catena a *thrust* verso l'avampaese africano (Pescatore *et alii*, 1999). Il flysch numidico rappresenta il primo riempimento di bacini precursori di *foredeep* ed è costituito da circa 1500 m di quarzareniti e argilliti inframioceniche. La migrazione dei *thrust* e del *foredeep* verso est è marcata dalla presenza dei cosiddetti "flysch esterni" del Langhiano-Serravalliano. A tetto dei sovrascorrimenti si formano anche bacini minori che migrano verso est insieme agli stessi, e che durante il Miocene medio-superiore vengono riempiti da potenti successioni torbiditiche (flysch di Gorgoglione). Nel corso del Pliocene si instaurano in maniera diffusa sulle unità strutturate bacini di tipo *thrust-top*.

1. - CARATTERI STRUTTURALI E GEODINAMICI DELL'APPENNINO MERIDIONALE

A grandi linee, la struttura dell'Appennino meridionale è costituita da due elementi tettonici maggiori sovrapposti. Un elemento superiore, formato da coltri che includono terreni neotetidei (Liguridi e Sicilidi); un elemento inferiore, costituito da rocce carbonatiche appartenenti al margine africano deformato.

Lungo una geotraversa dalla costa tirrenica all'avampaese murgiano si riconoscono, da ovest verso est, le seguenti unità (Prosser *et alii*, 1996; Pescatore *et alii*, 1999, *cum bibl.*; Figg. 4, 5, 6): a) le unità "interne", comprendenti le Unità Liguridi e le Unità Sicilidi; b) la Piattaforma Appenninica, che separava un braccio

PROGETTO CARG

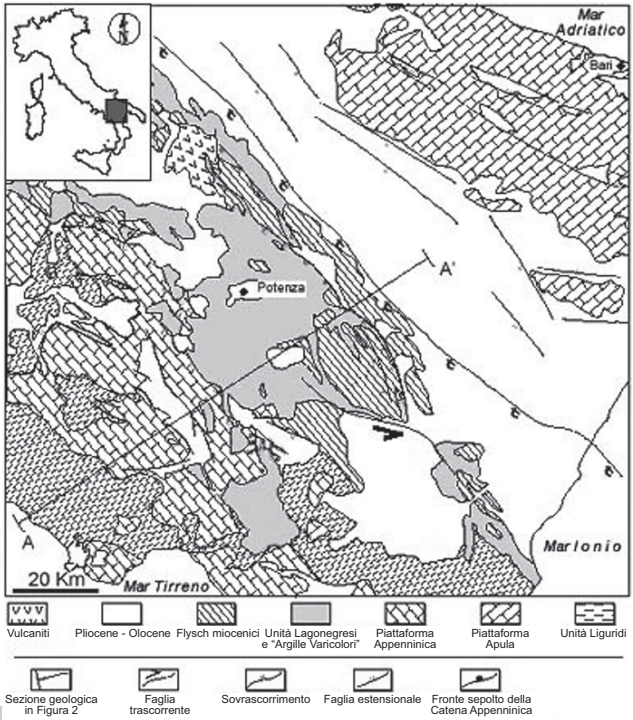


Fig. 4 - *Carta geologica schematica dell'Appennino lucano (da* Tavarnelli & Prosser, *2003, con modifiche). La traccia A-A' indica l'ubicazione della sezione geologica riportata in Fig. 5.*

dell'oceano tetideo dal Bacino di Lagonegro, frammentata in diverse unità tettoniche; c) le Unità Lagonegresi, derivanti dalla deformazione del bacino omonimo; d) le Unità Irpine, depositatesi in bacini-satellite e di avanfossa nel Miocene medio-superiore al di sopra delle unità meso-cenozoiche deformate; e) le unità dell'Avanfossa Bradanica, che rappresentano il riempimento clastico dell'avanfossa plio-pleistocenica; f) la Piattaforma Apula.

Le strutture compressive della catena sono di norma rappresentate da pieghe generate da sovrascorrimenti sia nei massicci carbonatici silentino-lucani (Schiattarella, 1996; Tozzi *et alii*, 1996; Castellano & Schiattarella, 1998), che nella zona frontale (Riviello *et alii*, 1997), mentre nell'area di affioramento delle Unità Lagonegresi prevale uno stile plicativo da scollamento con figure da interferenza a duomi e bacini (Pescatore *et alii*, 1999). In quest'area le pieghe non sono sempre relazionabili alla cinematica dei sovrascorrimenti (Mazzoli, 1992; Mazzoli *et alii*, 2001) e sono anzi talvolta tagliate da questi, così come alcuni sovrascorrimenti appaiono piegati (Torrente, 1990). Nella zona esterna della catena le pieghe crescono dal Tortoniano in poi, come evidenziato dalle geometrie a ventaglio dei sedimenti sintettonici che ricoprono in *onlap* i fianchi delle pieghe e/o dalle caratteristiche litologiche dei sedimenti sintettonici (flysch di Gorgoglione,

Flysch di Castelvetere, f.ne di Serra Palazzo, successioni plioceniche e quaternarie dei bacini satelliti dell'Ofanto, di Potenza, di Calvello, di Sant'Arcangelo e dell'Avanfossa Bradanica). Lungo il fronte orientale della catena nel tratto lucano sono state documentate evidenze di attività compressiva recente, come nella zona di Tricarico (PIERI *et alii*, 1997) e del Vulcano del Monte Vulture (BENEDUCE & SCHIATTARELLA, 1997; SCHIATTARELLA *et alii*, 2005).

Sebbene la struttura a pieghe e sovrascorrimenti sia notevolmente smembrata da faglie quaternarie distensive e trascorrenti, appare possibile restaurare le geometrie delle strutture contrazionali mio-plioceniche al fine di ottenere una stima realistica del raccorciamento associato allo sviluppo della catena appenninica (PROSSER *et alii*, 1996). Una valutazione dello *shortening* neogenico basato sulla retrodeformazione di sezioni regionali – che non tenga peraltro conto della notevo-

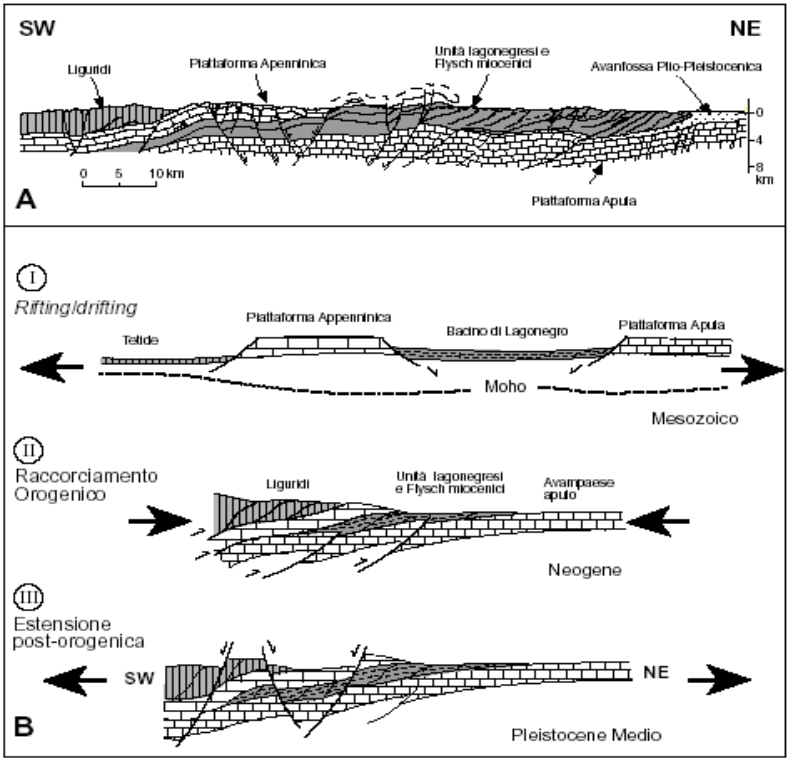
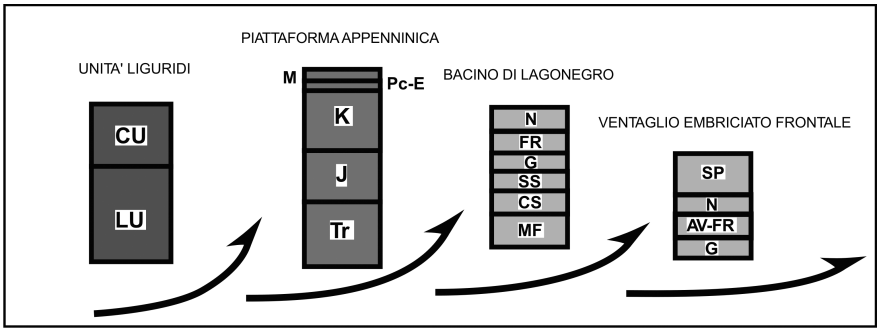


Fig. 5 - *A. Sezione geologica regionale attraverso l'Appennino Lucano (traccia in Fig. 4; da* TAVARNELLI & PROSSER, *2003, con modifiche). B. La successione degli eventi tettonici principali che hanno interessato il margine passivo adriatico portando alla costruzione della catena appenninica: I - rifting Mesozoico; II - raccorciamento orogenico dell'Oligocene–Pleistocene; III - estensione post-orogenica dal Miocene all'attuale.*



UNITA' LIGURIDI: **CU** = Unità del Cilento (Miocene inferiore); **LU** = Unità Liguridi (unità ofiolitifere del Giurassico-Oligocene).

PIATTAFORMA APPENNINICA: **M** = Formazioni del Bifurto e Cerchiara (Miocene inferiore-medio); **Pc-E** = Formazione di Trentinara (Paleocene - Eocene); **K** = Calcare di piattaforma cretacico; **J** = Calcare di piattaforma giurassico; **Tr** = Dolomie e calcari dolomitici triassici.

BACINO DI LAGONEGRO: **N** = Flysch Numidico (Miocene inferiore-medio); **FR** = Flysch Rosso (Cretacico medio - Oligocene); **G** = Flysch Galestrino (Cretacico inferiore); **SS** = Scisti Silicei (Giurassico); **CS** = Calcari con Selce (Triassico superiore); **MF** = Formazione di Monte Facito (Triassico inferiore-medio).

VENTAGLIO EMBRICIATO FRONTALE: **SP** = Formazione di Serra Palazzo (Miocene superiore); **N** = Flysch Numidico (Miocene inferiore-medio); **AV-FR** = Argille Varicolori - Flysch Rosso (Cretacico medio - Oligocene); **G** = Flysch Galestrino (Cretacico inferiore).

Fig. 6 - *Schema tettono-stratigrafico regionale (da* Schiattarella, *1998, modif.).*

le deformazione interna delle Unità Liguridi (cfr. p.es. Mauro & Schiattarella, 1988) - indica un valore minimo del 50% (equivalente a circa 100 km) rispetto all'originaria ampiezza dei domini paleogeografici. Tale valore raddoppia se viene considerata anche la traslazione del prisma appenninico sulla Piattaforma Apula. Se si considera che l'orogenesi sudappenninica ha inizio intorno a 20 Ma, si può calcolare un tasso medio di raccorciamento di circa 1 cm/a, che appare assai elevato se confrontato con quelli relativi alle medie note per altre catene. Altri Autori, tuttavia (cfr. p. es. Mazzoli *et alii*, 2001), ritengono di minore entità il raccorciamento neogenico, almeno relativamente alle Unità Lagonegresi, il cui valore si attesterebbe intorno al 35%.

Le due grandi unità tettoniche della catena sono dissecate da un importante sistema di faglie trascorrenti con senso di taglio sinistro, certamente attive dal Pleistocene inferiore (Colella 1988; Catalano *et alii*, 1993; Schiattarella, 1998), che attraversa tutta la parte frontale del cuneo appenninico fino a tagliare i depositi del Pliocene inferiore e del Pleistocene inferiore della Piattaforma Apula. Tali faglie sono orientate secondo gli andamenti N120°±10° e N50-60° (Knott & Turco, 1991; Ortolani *et alii*, 1992; Russo & Schiattarella, 1992; Cinque *et alii*, 1993; Schiattarella *et alii,* 1994; Schiattarella, 1996, 1998) e appaiono responsabili della formazione di una serie di bacini quaternari intracatena. Le faglie trascorrenti con direzione N120° rappresentano un motivo particolarmente

PROG CARG

rilevante all'estremità meridionale della catena, dove assumono il ruolo di lineamenti di importanza regionale; ma strutture con andamenti simili sono rilevabili anche nell'area del Foglio Rionero in Vulture. Localmente sono presenti anche faglie normali a basso angolo di incerta attribuzione cronologica (Oldow *et alii*, 1993; Ferranti *et alii*, 1996).

Le strutture più recenti sono faglie dirette ad alto angolo, molte delle quali ancora attive, che fiancheggiano il bordo tirrenico e che hanno interessato anche la zona assiale ed esterna dell'Appennino meridionale a partire dal Pleistocene medio (Hyppolite *et alii,* 1995; Schiattarella, 1998). Lo sviluppo di queste strutture distensive viene riferito all'apertura ed all'evoluzione del Tirreno meridionale (Doglioni *et alii*, 1996), oppure al sollevamento e al conseguente collasso del cuneo orogenico dell'Appennino meridionale (Hyppolite *et alii*, 1995). Durante il Pleistocene, grazie all'attività delle succitate faglie normali e trascorrenti, nella zona assiale della catena si individuano diversi bacini intramontani (Val d'Agri, Vallo di Diano, bacino del Mercure, ecc.) ubicati a tetto delle coltri. Tali faglie mostrano una diretta connessione con la sismicità dell'area (Amato & Montone, 1997). I terremoti con maggiore rilascio di energia sono, infatti, ubicati lungo le faglie ad alto angolo con andamento appenninico ed antiappenninico. Alcuni paleosuoli ritrovati in alta Val d'Agri e coinvolti nel fagliamento quaternario hanno fornito età ^{14}C comprese tra 40 e 20 ka (Giano *et alii*, 2000), a dimostrazione del carattere potenzialmente sismogenico delle faglie quaternarie bordiere delle depressioni intermontane ubicate lungo la zona assiale della catena.

La geometria strutturale dell'Appennino meridionale è il risultato della sovrapposizione di eventi deformativi di età diversa e con diverso significato tettonico e geodinamico (Tavarnelli & Prosser, 2003; Fig. 5). Questa geometria è efficacemente illustrata attraverso un profilo regionale che si estende dalla costa tirrenica a nord del Promontorio del Cilento fino all'Avanfossa Bradanica (traccia A-A', Fig. 4). La traccia della sezione è stata individuata parallelamente alla direzione media del trasporto subito.

La subduzione del dominio oceanico e suboceanico neotetideo al di sotto del margine continentale europeo (Blocco Sardo-Corso) tra il Cretacico superiore e l'Oligocene superiore dà luogo ad un prisma di accrezione, oggi rappresentato dall'Unità del Frido e dalle Argille Varicolori delle Unità Sicilidi. Durante l'Oligocene superiore ha inizio la collisione continentale tra il Blocco Sardo-Corso e il margine carbonatico Apulo, con l'*uplift* dell'Unità del Frido. Nell'area transizionale marina tra la scarpata inferiore del prisma e il *trench* si depongono torbiditi vulcanoclastiche (formazione di Corleto Perticara e/o Tufiti di Tusa) e il flysch numidico. Durante il Miocene medio-superiore e fino al Pleistocene inferiore il prisma di accrezione viene deformato da *thrust* generati dalle spinte compressive a tergo delle coltri cristalline del margine Sardo-Corso, e viene messo in posto sulla parte occidentale del margine apulo flessurato. Bacini flessurali si sviluppano

PROGETTO CARG

al fronte della catena accogliendo la sedimentazione dei flysch esterni (langhiani-serravalliani) e migrando verso est. A tetto dei *thrust* si formano dal Miocene al Pleistocene dei bacini colmati da sedimenti torbiditici di mare profondo (flysch di Gorgoglione), o continentali e di mare poco profondo (Bacino di Sant'Arcangelo).

La deformazione fragile post-orogenica che interessa il settore interno (occidentale) dell'Appennino meridionale è caratterizzata durante il Pleistocene dallo sviluppo di faglie dirette che delimitano fosse tettoniche, graben e semigraben orientati mediamente NO-SE, e da un'importante fase deformativa collegata a tettonica trascorrente, che si esplica prevalentemente mediante lo sviluppo di sistemi di faglie con cinematica sinistra lungo la direttrice N120°E, e mediante l'individuazione di associati bacini sintettonici di tipo *pull-apart*. La deformazione fragile è accompagnata dalla migrazione della deformazione compressiva nei settori più esterni (orientali) dell'orogene con sviluppo di pieghe e sovrascorrimenti che interessano le unità tettoniche superficiali (Unità Irpine) e le porzioni profonde della Piattaforma Apula sepolte al di sotto delle coltri alloctone campano-lucane e lagonegresi. In concomitanza con la migrazione verso i settori esterni del fronte della catena appenninica si individuano importanti bacini sinorogenici, fra i quali il Bacino di Sant'Arcangelo e la più esterna Avanfossa Bradanica, caratterizzati da un'alimentazione mista di tipo terrigeno e carbonatico. Fenomeni di alloctonia con un'importante componente di tipo gravitativo interessano le coltri più superficiali ed esterne della catena, come ad esempio la Falda di Metaponto, la cui messa in posto interrompe localmente la deposizione all'interno dei bacini sinorogenici.

2. - CARATTERI MORFOTETTONICI DELL'APPENNINO MERIDIONALE

Nell'Appennino meridionale i lineamenti tettonici con orientazione intorno all'andamento medio N120° sono spesso perimetrali rispetto alle grandi morfostrutture positive della catena, come le faglie parallele alla "Linea del Pollino", a nord dell'omonima dorsale carbonatica, o il sistema di faglie bordiere dell'alta Val d'Agri, o anche la "Faglia di Scorciabuoi", che borda a settentrione il bacino di Sant'Arcangelo (Pieri *et alii*, 1997). Le faglie con direzione N120° rappresentano dunque elementi a diffusione regionale e risultano responsabili della strutturazione di molti bacini intermontani quaternari dell'Appennino meridionale (Colella, 1988, 1994; Knott & Turco, 1991; Ascione *et alii*, 1992; Caiazzo *et alii*, 1992; Russo & Schiattarella, 1992; Schiattarella *et alii* 1994; Perri & Schiattarella, 1997; Schiattarella, 1998), attivandosi con cinematiche differenti durante più stadi deformativi.

Da un punto di vista geomorfologico, la catena sudappenninica è caratterizzata da un profilo topografico fortemente asimmetrico. La linea di cresta della catena montuosa è infatti spostata verso il margine tirrenico dell'orogene, non

PROGETTO CARG

coincidendo peraltro con lo spartiacque regionale. Per tale motivo il fianco orientale della catena ha una maggiore lunghezza ed una minore pendenza media di quello occidentale. Le cime più alte si attestano intorno ai 2000 m s.l.m., mentre l'elevazione media della catena è di circa 650 m s.l.m. (Amato & Cinque, 1999**).** La sommità dei rilievi è spesso caratterizzata da una topografia blandamente mossa o sub-orizzontale, attribuibile ai relitti di antiche superfici erosionali che tagliano successioni stratigrafiche e strutture tettoniche di vario genere (Brancaccio *et alii*, 1991; Russo & Schiattarella, 1992; Amato & Cinque, 1999, Ascione & Romano, 1999). Il sollevamento regionale plio-quaternario ha sospeso questi antichi paesaggi rispetto all'attuale livello di base ed ha ripetutamente innescato nuovi cicli morfogenetici. Le superfici di spianamento sono pertanto distribuite lungo l'intera fascia orogenica ed organizzate in più generazioni sovrapposte, comprese tra i 500 ed i 1500 m s.l.m., variamente dissecate dall'erosione lineare e dislocate da faglie ad alto angolo (Amato & Cinque, 1999; Schiattarella *et alii*, 2003).

I tassi di sollevamento dell'Appennino campano-lucano si attestano mediamente intorno a valori di 1 mm/a (Westaway, 1993a; Amato, 2000; Schiattarella *et alii*, 2003; 2006).

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

III - INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL FOGLIO

1. - ASSETTO TETTONICO GENERALE DELL'AREA DEL FOGLIO E PRECEDENTI CONOSCENZE

L'area del Foglio 452 "Rionero in Vulture" è posta a cavallo del settore frontale della catena sud-appenninica e dell'Avanfossa Bradanica ed è pertanto prevalentemente costituita – in misura equiparabile – da terreni meso-cenozoici alloctoni e da successioni clastiche plio-quaternarie marine, transizionali e continentali. Lungo il bordo occidentale del foglio sono inoltre significativamente presenti i prodotti del vulcano del Monte Vulture (Schiattarella *et alii*, 2005; Giannandrea *et alii*, 2006a, 2006b, e bibliografia contenuta), largamente affioranti nell'adiacente Foglio "Melfi".

Le unità alloctone della catena occupano la porzione sud-occidentale dell'area del foglio (Fig. 7). Sono organizzate in tre unità tettoniche con direzione NO-SE, che, dall'alto sono:

- Unità tettonica di Groppa d'Anzi, comprendente le sub-unità tettoniche del Torrente Rifezze e di Sassano – Monte Mattina, caratterizzate da terreni meso-cenozoici a dominante argillitica;
- Unità tettonica di San Chirico, costituita dalle formazioni del Flysch Rosso, del flysch numidico e di Serra Palazzo;
- Unità tettonica della Daunia, rappresentata dal flysch di Faeto.

Le unità alloctone formano nel loro insieme un ventaglio embriciato di sovrascorrimenti, come schematicamente mostrato in Fig. 6, strutturatosi a partire dal Miocene superiore.

A ridosso della catena affiorano le successioni dell'Avanfossa Bradanica, in parte coinvolte nella deformazione del fronte della catena e dunque poste a letto del sovrascorrimento più esterno affiorante. La deformazione contrazionale a carico

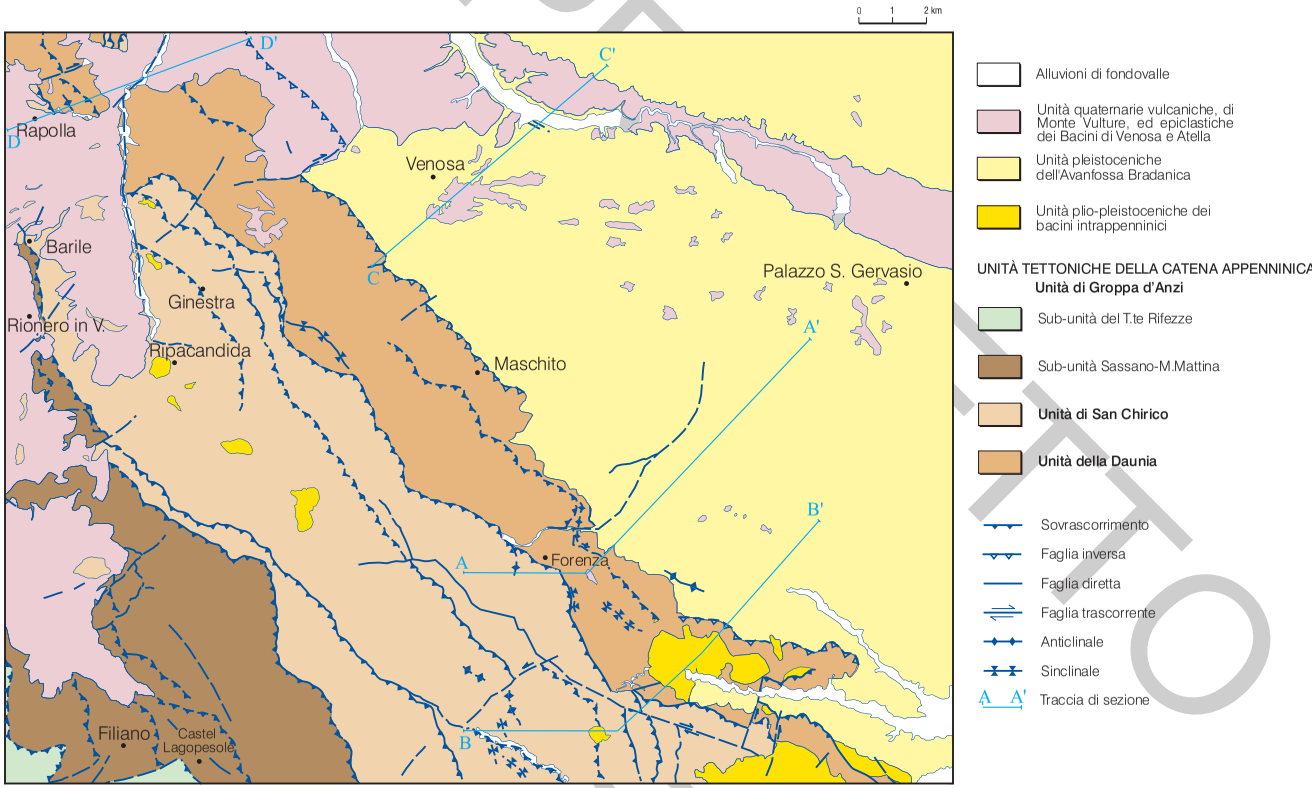


Fig. 7 - *Schema tettonico dell'area compresa nel Foglio 452 – Rionero in Vulture.*

PROGETTO

dei terreni che ricadono nell'area del Foglio "Rionero in Vulture" perdura pertanto fino al Pleistocene inferiore-medio. A partire da tempi mediopleistocenici si assiste alla surrezione dell'area ed alla scomposizione delle unità precedentemente strutturate ad opera di faglie dirette e trascorrenti ad alto angolo, che qui assumono in genere valori dei rigetti abbastanza limitati. Sulle falde, in prossimità del fronte e anche in posizione più interna, poggiano in discordanza i depositi marini dei bacini pliocenici intracatena. Gli affioramenti più estesi di tali unità sono concentrati nel settore sud-orientale del foglio (Fig. 7).

Oltre agli scritti di carattere regionale (cfr. Pescatore *et alii*, 1999, *cum bibl*., per una vasta sintesi bibliografica sull'Appennino campano-lucano), non molti lavori di dettaglio riguardano l'area di rilevamento, ad eccezione dell'edificio vulcanico del Monte Vulture, per il quale è disponibile un'ampia letteratura (cfr. paragrafo successivo). Hieke Merlin *et alii* (1971) illustrano la geologia dei fogli in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia "S. Angelo de' Lombardi" e "Melfi". A Centamore *et alii* (1971) si deve una nota sulla geologia della zona compresa tra Acerenza ed Avigliano, scaturita dai rilievi e successive revisioni del Foglio 187 "Melfi" alla scala 1:100.000. Per le aree di avanfossa si rimanda agli scritti di Ricchetti (1980), Casnedi (1988), Pieri *et alii* (1996) e Lazzari & Pieri (2002), ed alla ampia bibliografia citata in tali lavori. Per quanto riguarda gli aspetti tettonici, Ortolani (1974) e Ortolani *et alii* (1992) descrivono le faglie ad andamento antiappenninico che interessano marginalmente l'area del foglio, mentre Riviello *et alii* (1997) illustrano la struttura della porzione frontale dell'Appennino lucano e dell'antistante avanfossa all'altezza di Tolve, poco a sud dell'area del Foglio "Rionero in Vulture".

2. - IL VULCANO DEL MONTE VULTURE

Il primo studio geologico moderno del Monte Vulture si deve a De Lorenzo (1899), mentre occorrerà aspettare gli anni '60 per i successivi ed esaustivi lavori di Hieke Merlin (1965 e 1967).

La cartografia preesistente del Monte Vulture è rappresentata dalla "Carta Geologico-Petrografica del Gruppo Vulcanico del Monte Vulture (Lucania)" di Hieke Merlin *et alii* (1967), che è servita da base per la realizzazione del Foglio 187 "Melfi" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Hieke Merlin *et alii*, 1971). Attualmente è inoltre disponibile una carta in scala 1:25:000 (Giannandrea *et alii*, 2006a), basata sull'applicazione delle unità a limiti inconformi (UBSU) come criterio per la cartografia del vulcanico nel rilievo dei fogli alla scala 1:50.000 della Nuova Carta Geologica d'Italia (Servizio Geologico d'Italia, 1992). Ciò ha portato a cambiare in modo sostanziale la suddivisione in unità stratigrafiche del Vulture precedentemente operata (La Volpe *et alii*, 1988; La Volpe & Principe,

PROGETTO CARG

1989a, 1991), ed ha permesso di effettuare nel corso del rilievo una profonda revisione della cartografia precedente. Nell'ambito dei nuovi rilievi per il Progetto CARG sono state inoltre approfondite le relazioni fra le vulcaniti in facies primaria e le unità sedimentarie ad esse coeve, deposte nei vari bacini fluvio-lacustri e lacustri che insistono nell'area del foglio. Il quadro stratigrafico completo delle unità vulcaniche (Giannandrea *et alii*, 2006a, 2006b) è qui riportato in Tab. 1. Va precisato che nell'area del Foglio "Rionero in Vulture" affiora solo una parte delle unità riportate in tabella e che la successione completa affiora diffusamente nell'area dell'adiacente Foglio "Melfi".

Il Monte Vulture è posizionato sul fronte orientale dell'Appennino meridionale, in corrispondenza della "Linea del Vulture" (Schiattarella *et alii*, 2005), che realizza con un movimento trascorrente il trasferimento delle coltri appenniniche.

La base del vulcano, che rappresenta anche la base del supersintema di Monte Vulture, è costituita dalla superficie erosiva che ha inciso la successione quaternaria dell'Avanfossa Bradanica, durante la quale si è formata la paleovalle della Fiumara di Venosa. Il vulcano nasce e si sviluppa su di una paleomorfologia caratterizzata da modesti rilievi e bassi morfologici fluviali, che condizionano la storia e la stessa nascita degli ambienti fluvio-lacustri che lo contornano, a seguito dall'alternanza di fasi di deposizione e di erosione dei depositi dell'attività esplosiva. Con il progressivo aumento del materiale piroclastico disponibile, aumenta infatti anche la percentuale di depositi epiclastici che si sedimentano nei bacini fluviali e lacustri presenti ai margini dell'edificio, rappresentati dai paleolaghi di sbarramento di Atella e di Melfi (De Lorenzo, 1899; Piccarreta & Ricchetti, 1970; La Volpe & Rapisardi, 1977; Schiattarella *et alii*, 2001, 2005; Giannandrea *et alii*, 2006a, 2006b**).**

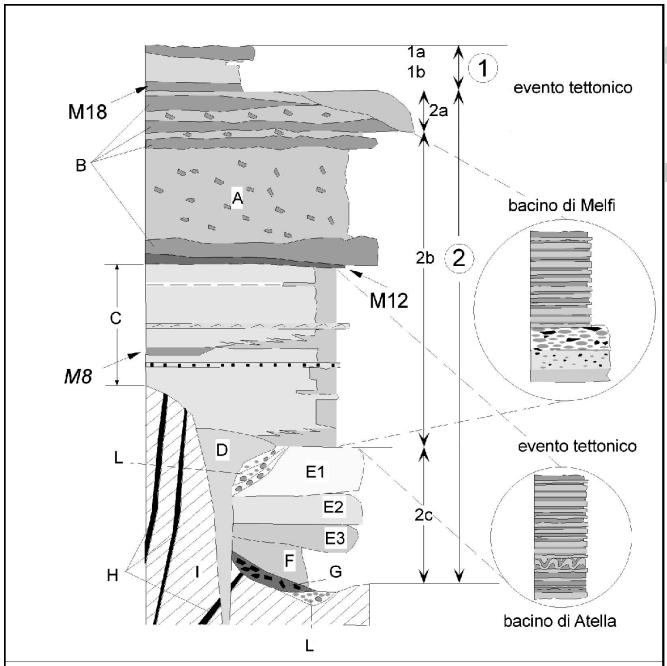
Tutta l'attività vulcanica è stata raggruppata in due supersintemi, il supersintema di Monte Vulture (il più antico) ed il supersintema di Monticchio (Fig. 8). L'attività vulcanica del Vulture non avviene con una distribuzione regolare dei suoi eventi eruttivi nel tempo. I vari episodi di attività vulcanica si distribuiscono piuttosto in un certo numero di *cluster* (Brocchini *et alii*, 1994; Bonadonna *et alii*, 1998) connessi con l'avvicendarsi nell'area del Vulture di eventi tettonici di importanza regionale. La fase di inattività più lunga, di circa 70ka, è quella che separa i due supersintemi di Monte Vulture e Monticchio. A 674±7 ka è datato (Bonadonna *et alii*, 1998) il primo episodio vulcanico, rappresentato dalla messa in posto di filoni intrusi nel basamento sedimentario a nord-est dell'attuale edificio vulcanico (subsintema della Spinoritola). Successivamente a questo primo episodio magmatico, i depositi ignimbritici del subsintema di Fara d'Olivo si distribuiscono a NE di Rapolla (a colmare la paleofiumara dell'Arcidiaconata), a sud dell'abitato di Atella, dove si sviluppava il bacino lacustre di Atella e sul versante nordorientale dell'edificio vulcanico, fino a lambire l'attuale corso del Fiume Ofanto (Principe & Giannandrea, 2002, 2006). Nell'area vulcanica più

PROGETTO CARG

Tab. 1 - *Cronostratigrafia del Monte Vulture su base UBSU. 1-2-3: Unità a limiti inconformi di diverso rango; 4: rapporti fra facies vulcaniche primarie e facies epiclastiche (in bianco depositi del substrato miocenico e i depositi epiclastici, in grigio chiaro i depositi piroclastici, in grigio scuro le scorie e in nero le lave); 5: età assolute ottenute con il metodo $^{39}Ar/^{40}Ar$ (1. da* Bonadonna *et alii, 1998; 2. da* Brocchini *et alii, 1994; 3. da* Villa, *1986; 4* Laurenzi *et alii,1993).*

1	2	3	4	5
supersintema di Monticchio	sintema dei Laghi di Monticchio	subsintema di Serra di Braida		
		subsintema di Lago Piccolo		132±12 ka(1)
		subsintema di Lago Grande		
		subsintema di Piano Comune		
		subsintema di Casa Rossa		
	sintema della Valle dei Grigi-Fosso del Corbo	subsintema di Masseria di Cuscito		
		subsintema di Imbandina		
		subsintema di Case Lopes		484±8 ka(1)
supersintema di Monte Vulture	sintema di Melfi	subsintema di Piano di Croce		
		subsintema del Castello di Melfi		557±7 ka(2)
		subsintema del Gaudo		
	sintema di Barile	subsintema di Ventaruolo		624±35 ka(2)
		subsintema di Vulture - San Michele		601±7 ka(1) 624±30 ka(1) 629,6±4,7 ka(1)
		subsintema di Rionero		612±19 ka(2) 655±25 ka(1) 654±9 ka(2) ±660 ka(3)
		subsintema di Toppo San Paolo		646,3±6,7 ka(1)
	sintema di Foggianello	subsintema di Fara d'Olivo		730±20 ka(4)
		subsintema di Campanile		
		subsintema della Spinioritola		674±7 ka(1)
Substrato sedimentario				

PROGETTO CARG



(1) supersintema di Monticchio

1a - sintema dei Laghi di Monticchio: cineriti e lapilli accrezionari con nucleo di minerali mafici, in facies di piroclastic surge, con blocchi lavici balistici.
1b - sintema della Valle dei Grigi - Fosso del Corbo: cineriti, litici lavici e lapilli legati ad attività di flusso idromagmatico, con scorie laviche centimetriche alla base.

(2) supersintema di Monte Vulture

2a - sintema di Melfi: lave a composizione hauninitica.
2b - sintema di Barile: blocchi lavici decimetrici tefritico-basanitici immersi in matrice cineritica (A), con intercalazioni di sottili colate laviche a composizione da foiditica a tefritico-basanitica (B); cineriti e lapilli in facies di flusso piroclastico e da caduta (C). Alla base l'unità comprende le lave del duomo fonolitico di Toppo S. Paolo (D). Nelle parti distali i prodotti sono eteropici con i depositi fluvio-lacustri dei bacini di Atella e Melfi.
2c - sintema di Foggianello: depositi ignimbritici con pomici centimetriche chiare trachifonolitiche (E1) e tefrifonolitiche (E2), e pomici scure a composizione tefritica (E3). Cineriti da caduta e da flusso (F) sovrastanti una breccia epiclastica (G) con clasti lavici a composizione trachifonolitica e tefrifonolitica. Filoni trachifonolitici (H) intrusi nel substrato sedimentario (I), con grossi fenocristalli di K-feldspato e plagioclasio. Conglomerati alluvionali (L).

Fig. 8 - *Schema tettono-stratigrafico del vulcano del Monte Vulture (da* Schiattarella et alii*, 2005).*

interna, al di sotto del rilievo morfologico oggi costituito dall'edificio di Vulture - San Michele, ci sono evidenze di un paleobasso morfologico, riconducibile ad una possibile struttura calderica, connessa con l'ultima delle due fasi ignimbritiche. In questo basso relativo la crescita morfologica del vulcano avviene in più stadi e con diversi edifici, e culmina con la fase di emissione dei depositi del subsintema di Ventaruolo, a forte componente freatomagmatica (Principe & Giannandrea, 2002, 2006).

Nel periodo successivo (supersintema di Monticchio), l'attività del vulcano è volumetricamente ridotta ed arriva ad esprimere un chimismo melilitolitico e carbonatitico (Stoppa & Principe, 1997). Il paleosuolo M18 (La Volpe & Principe, 1994), che separa i due supersintemi, sutura la fase tettonica (Schiattarella *et alii*, 2001, 2005) durante la quale si è verificato uno smembramento dell'edificio vulcanico ed il collasso del suo quarto sud-occidentale (Principe & Giannandrea, 2002, 2006). L'attività vulcanica che riprende dopo questi eventi è costituita da piccoli centri allineati secondo strutture tettoniche di importanza regionale, ad andamento N30°-40° e N120° e si imposta quindi su un edificio vulcanico frammentato. Le datazioni ad oggi disponibili relativamente al sintema stratigraficamente più recente (sintema dei Laghi di Monticchio) danno un'età minima di 132 ±12ka.

3. - GEOCRONOLOGIA DEI PRODOTTI VULCANICI

La cronologia dell'attività vulcanica nell'area del Vulture è stata oggetto di diversi studi nelle passate decadi, con particolare attenzione alle età radiometriche K/Ar e $^{39}Ar/^{40}Ar$ di quei terreni della successione stratigrafica del Vulture che contenevano le fasi minerali potassiche adeguate per questo metodo (Cortini, 1975; Villa, 1985; Brocchini *et alii*, 1994; Bonadonna *et alii*, 1998; Buettner *et alii*, 2006).

Le prime datazioni assolute si devono a Cortini (1975) e a Villa (1985). Brocchini *et alii* (1994) hanno effettuato numerose datazioni sull'intera successione del Mt. Vulture evidenziando, tra l'altro, che l'attività vulcanica è stata concentrata in diverse fasi eruttive, ciascuna delle quali ha propri caratteri fenomenologici e chimici (vedi seguito). Bonadonna *et alii* (1998) hanno ritarato alcune delle età ottenute da Brocchini *et alii* (1994) e ne hanno prodotto delle nuove, che sono riportate insieme a quelle di Brocchini *et alii* (1994) in Tab. 1. Esiste un problema relativo all'età della prima delle due ignimbriti del subsintema di Fara d'Olivo, datata a 674±7 ka da Bonadonna *et alii* (1998) e a 730±20 ka da Villa (1985): questa, pur giacendo sul subsintema della Spinoritola, risulta avere età maggiore.

Nel corso dei lavori per il rilevamento del Foglio "Rionero in Vulture" sono state effettuate nuove analisi radiometriche per rivedere e completare la precedente cronologia (Brocchini *et alii*, 1994; Bonadonna *et alii*, 1998), e sono stati prodotti nuovi dati geocronologici riportati in Tab. 2. Il set di dati riassume il quadro geocronologico $^{39}Ar/^{40}Ar$ ad oggi definitivo, riportato in Buettner *et alii* (2006). Le nuove analisi hanno permesso di ricalcolare i precedenti dati cronologici sulla base dei nuovi valori accertati dello standard di riferimento (Renne *et alii*, 1998). Il quadro cronologico preesistente ne è risultato sostanzialmente confermato.

PROGETTO CARG

sintema di Foggianello

Tale sintema rappresenta l'inizio dell'attività vulcanica del Mt. Vulture, datata a 740 ka nelle unità ignimbritiche del subsintema di Fara d'Olivo, anche se il primo episodio vulcanico è da riferire alla messa in posto di uno sciame di filoni nel sottostante subsintema della Spinoritola. Questi sono stati rinvenuti in giacitura primaria anche nel substrato sedimentario flyscioide ad est dell'abitato di Melfi. Buettner *et alii* (2006) documentano per questi filoni un'età di circa 700 ka, comunque sempre minore dell'età delle sovrastanti unità di Fara d'Olivo. L'intrusione dello sciame di filoni all'interno del substrato sedimentario del vulcano e del subsintema della Spinoritola sarebbe avvenuta in un lasso di tempo piuttosto ampio, comprensivo anche della deposizione dei subsintemi di Campanile e di Fara d'Olivo. In pratica i filoni della Spinoritola sarebbero le propaggini più settentrionali e più recentemente intruse di uno sciame di filoni messisi in posto, secondo la direttrice tettonica N30°-N40° (Schiattarella *et alii*, 2005), nel corso di alcune decine di migliaia di anni. L'intrusione è presumibilmente avvenuta secondo una progressione temporale da sud verso nord.

sintema di Barile

La gran parte della successione del Monte Vulture è stata messa in posto in un lasso di tempo relativamente breve, compreso fra i 700 ed i 600 ka. L'intervallo più lungo è occupato dal subsintema di Rionero, con ripetute lacune temporali indicate dalla presenza di suoli nei depositi vulcanici primari.

La messa in posto delle colate laviche e dei voluminosi flussi piroclastici del subsintema di Vulture – San Michele è avvenuta in un tempo molto ristretto (10-20 mila anni): l'età di 590±12 ka (Tab. 2) si riferisce ad una delle lave stratigraficamente più alte di tutta la successione.

Un discorso a parte meritano i tentativi di datazione dei grossi dicchi a chimismo melilititico (Stoppa *et alii*, 2006) che affiorano nell' adiacente Foglio 452 Melfi, nell'area interna dello stratovulcano. Per la loro natura subintrusiva, la loro posizione stratigrafica è incerta: sicuramente al di sopra dei depositi vulcanici del sintema di Barile, che attraversano, ma temporalmente non ben collocati fra il sintema di Melfi ed il supersintema di Monticchio. L'analisi geocronologica dei cristalli di mica presenti al loro interno, ha evidenziato una forte disomogenità chimica ed isotopica all'interno di questi cristalli (Buettner *et alii*, 2006), che ne rende non affidabile la risultante età.

Nonostante gli sforzi effettuati da Buettner *et alii* (2006), anche le età ottenute per i depositi del subsintema di Ventaruolo mantengono quel margine di errore troppo elevato (dovuto a processi di alterazione delle fasi potassiche), già rilevato da Brocchini *et alii* (1994) e che ne impedisce una collocazione temporale più precisa all'interno dell'intervallo di tempo compreso fra i 573 ka dell'hauynofiro di Melfi ed i circa 600 ka del subsintema di Vulture - San Michele.

PROGETTO CARG

Tab. 2 - *Cronostratigrafia del Monte Vulture* ***adottata per il Foglio Rionero in Vulture*** *(dati prodotti* ex novo *per questo foglio e da* Buettner et alii*, 2006). Le colonne 1, 2 e 3 fanno riferimento alle unità sintematiche in cui è stata suddivisa la stratigrafia del vulcanico (supersintemi, sintemi e sub sintemi, rispettivamente), presenti solo in parte nel Foglio Rionero in Vulture. Per alcuni dei subsintemi più complessi sono state analizzate più unità stratigrafiche. Inoltre ciascuna delle età riportate rappresenta la media pesata di varie analisi effettuate sulla stessa unità stratigrafica. n.r. si riferisce ad età ottenute non affidabili. Le età radiometriche più recenti qui riportate sono riferibili a livelli vulcanici legati all'attività eruttiva del Vesuvio e dei Campi Flegrei.*

1	2	3	Età [ka]
Vesuvio		Ripe del Cavallo sup.	23±5
Campi Flegrei		Ripe del Cavallo inf.	38±9
Monticchio	**Laghi di Monticchio**	Serra di Braida	*n.r.*
		Lago Piccolo	141±11
		Lago Grande	
		Piano Comune	
		Casa Rossa	*n.r.*
	Valle dei Grigi - Fosso del Corbo	Masseria di Cuscito	
		Imbandina	
		Case Lopes	530±22
Monte Vulture	**Melfi**	Piano di Croce	
		Castello di Melfi	573±4
		Piana del Gaudo	
	Barile	Ventaruolo	
		Vulture-San Michele	610±8
		Rionero	630±20 672±6
		Toppo San Paolo	673±19
	Foggianello	Fara d'Olivo	Unità ignimbritica sup.<740 Unità ignimbritica inf. 740±7
		Campanile	
		Spinoritola	687±8

PROGETTO CARG

sintema di Valle dei Grigi – Fosso del Corbo

Per mancanza di fasi potassiche suscettibili di analisi, è stato possibile effettuare analisi geocronologiche solo su uno dei centri monogenici del primo dei due sintemi del supersintema di Monticchio. Il deposito datato è rappresentato dalle scorie del centro di Ciaulino, ad ovest di Rionero. L'intervallo di 50 ka che intercorre fra l'età di questo deposito e quella delle lave dell'hauynofiro di Melfi, conferma l'episodio di stasi vulcanica prolungata che separa anche temporalmente i due supersintemi e che stratigraficamente è marcato dal paleosuolo M18 (La Volpe & Principe, 1991, 1994).

sintema dei Laghi di Monticchio

Il problema relativo alle miche dei dicchi melilititici di Valle dei Grigi (Buettner *et alii*, 2006), prima discusso, vale anche per le miche centimetriche presenti nei depositi dei diatremi di Serra di Braida e di Casa Rossa. È risultata invece confermata la giovanissima età di 141±11 ka del diatrema di Lago Piccolo rispetto a tutti gli altri depositi datati.

4. - CARATTERI PETRO-CHIMICI DELLE VULCANITI DEL MONTE VULTURE

Le vulcaniti del Monte Vulture, per le loro peculiarità chimiche, sono state oggetto di numerosi studi (Di Lecce Mininni, 1956; Hieke Merlin, 1965, 1967; De Fino *et alii*, 1982, 86; Caggianelli *et alii*, 1990; Melluso *et alii*, 1996; Stoppa & Principe, 1997; Beccaluva *et alii*, 2002) e furono originariamente associate al vulcanismo potassico quaternario della Provincia Comagmatica Romana (Washington 1906). La complessa mineralogia di queste rocce (Dell'Anna & Di Pierro, 1975; Ortalli *et alii*, 1994; Stoppa & Liù, 1995; Malitesta *et alii*, 1995; Bindi *et alii*, 1999; Scordari *et alii*, 1999; Schingaro *et alii*, 2001) e degli xenoliti nelle piroclastiti è stata studiata nel dettaglio da numerosi Autori, per la ricchezza delle fasi e per la presenza di abbondanti noduli di provenienza profonda (Amodio & Hieke Merlin, 1966).

Fra i minerali presenti nelle lave e nelle piroclastiti, i più abbondanti come fenocristalli sono: clinopirosseno, hauyna, flogopite, leucite, feldspati, anfibolo, granato, olivina, magnetite, apatite, melilite, nefelina, titanite.

Le lave del Vulture sono descritte in letteratura come marcatamente porfiriche con massa di fondo microgranulare, generalmente priva di vetro. I feldspatoidi sono sempre presenti sia fra i fenocristalli sia nella massa di fondo. Fra questi particolarmente abbondante è l'hauyna (descritta per la prima volta nell'area del Vulture con il nome di *Lazialite* da G.B Brocchi nel 1917), che rappresenta uno dei minerali caratterizzanti l'intera successione. In queste note, così come in legen-

PROGETTO CARG

da, sono riportati i nomi derivanti dall'associazione mineralogica e chimica, come definiti in letteratura. Nel capitolo 3 (Unità vulcaniche del Monte Vulture e dei bacini sedimentari ad esso associati) del titolo VII, viene riportato, fra parentesi, anche il nome derivante dalla classificazione chimica TAS.

In Fig. 9 è riportato il diagramma classificativo *Total Alkali Silica* (TAS) proposto da Le Bas *et alii* (1986) ed adottato dalla *Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks* dell'IUGS (*International Union of Geological Sciences*), per la classificazione delle rocce vulcaniche. Il diagramma - anche se non è il più idoneo a rappresentare la composizione dei depositi del Monte Vulture - mostra come le unità cartografate appartengano in prevalenza ad insiemi chimici sufficientemente definiti: ad esempio, il subsintema di Case Lopes risulta di composizione basanitico-tefritica, mentre il più antico subsintema di Fara d'Olivo ricade nel campo delle trachiandesiti basaltiche. Da ciò discende che ad ogni fase di attività vulcanica è corrisposta nel tempo una variazione del modello di alimentazione magmatica.

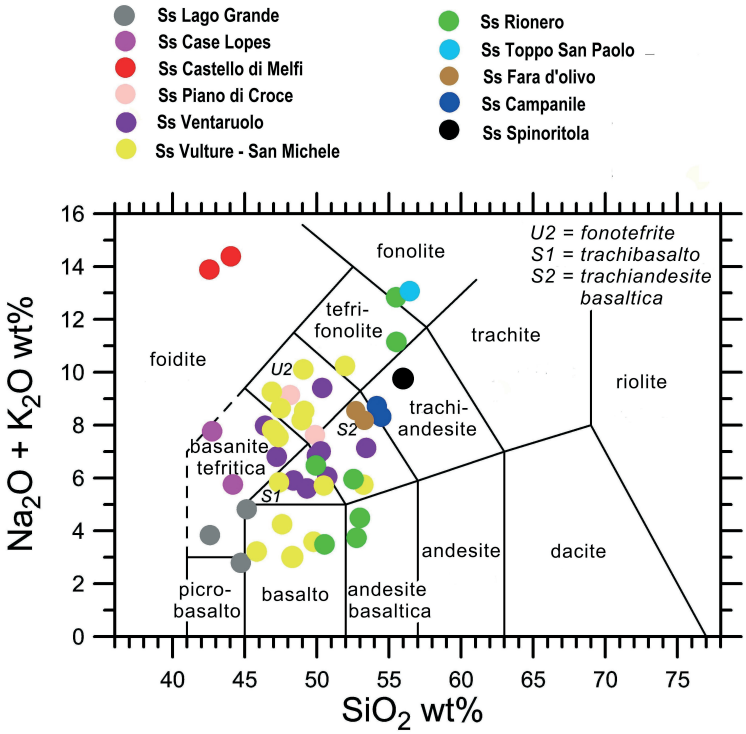


Fig. 9 - *Diagramma classificativo di* Le Bas et alii *(1986) per le vulcaniti del Vulture (da* Giannandrea et alii*, 2006a).*

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

IV - CENNI DI GEOMORFOLOGIA

1.- CARATTERI GENERALI

L'area del Foglio 452 "Rionero in Vulture" nel settore sud-occidentale è caratterizzata in gran parte da un paesaggio collinare (media-alta collina) e collinare-montuoso, con forme fondamentalmente controllate da processi di morfoselezione, da processi deposizionali fluviali, da messa in posto di vulcaniti e dall'influenza della tettonica recente.

Le aree morfologicamente più basse corrispondono alle depressioni vallive di origine fluviale, talvolta impostate su zone di debolezza tettonica più facilmente erodibili, mentre gli alti morfologici coincidono con i rilievi montuosi boscati della catena appenninica a pieghe e sovrascorrimenti, allungati in direzione NO-SE. Nel settore nord-orientale gli alti coincidono invece con strutture tabulari di origine deposizionale (parte alta della successione regressiva bradanica, SPG), incise dal reticolo idrografico in approfondimento.

L'influenza della tettonica disgiuntiva recente e del sollevamento regionale sull'evoluzione morfologica generale del paesaggio e, in particolare, sul condizionamento del reticolo idrografico, è evidente in molti settori del foglio dove non sono rari i fenomeni di cattura fluviale (F.ra di Venosa, F.ra Matinelle, F.ra di Maschito, F.ra l'Arcidiaconata, La Fiumarella). Il sollevamento tettonico rappresenta, infatti, la causa principale del ringiovanimento del paesaggio avvenuto tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene.

La fase di ringiovanimento quaternario ha prodotto un evidente contrasto tra le forme mature policicliche dei tavolati sommitali e le forme giovanili delle valli con versanti ripidi di escavazione recente e di reticoli idrografici poco sviluppati, molto profondi e ad andamento rettilineo con direzioni prevalenti ortogonali NO-SE e SO-NE, con ordine gerarchico massimo del quinto grado.

L'approfondimento dei reticoli idrografici nella superficie d'emersione dei deposti regressivi bradanici ha prodotto, durante il Pleistocene medio, le forme terrazzate più elevate ed estese arealmente ancora oggi ben visibili e ben conservate. Nell'ambito delle valli principali, con profili simmetrici a fondo piatto, sono distinguibili almeno due ordini di terrazzi fluviali olocenici incisi in depositi alluvionali ed in parte vulcanoclastici. I depositi alluvionali attuali, prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, sono abbastanza estesi, grazie alle caratteristiche litologiche dei terreni interessati dagli stessi, che consentono un abbondante apporto solido che si deposita nelle aree di fondovalle.

2.- FRANOSITÀ

Nell'area del Foglio "Rionero in Vulture" i fenomeni franosi sono relativamente poco estesi e non tutti cartografabili ma molto frequenti, soprattutto nel settore centro-occidentale e meridionale, a causa dell'assetto litologico-strutturale delle formazioni affioranti. Gran parte dei fenomeni franosi sono concentrati in corrispondenza dei terreni argillosi ed argilloso-marnoso-arenacei dei depositi flyschoidi (AV, FYR, FAE) e dei depositi argillosi pleistocenici dell'Avanfossa Bradanica (ASP). Su questi ultimi insistono frane da scorrimento rotazionale e colate che spesso evolvono in tipologie complesse. Le frane complesse sono caratterizzate da nicchie di distacco singole o multiple coalescenti con la parte di distacco interessata da scorrimenti rotazionali, i quali, nella parte più bassa, evolvono in colamenti e scorrimenti traslazionali.

La presenza di lineamenti strutturali importanti produce scarpate ai cui margini spesso si innescano fenomeni da crollo, soprattutto se in corrispondenza di litotipi più resistenti quali ad esempio GVS, RCD e FYN.

Frane antiche oggi stabilizzate, anche artificialmente, sono localizzate in corrispondenza di alcuni centri abitati ricadenti nell'area del foglio, quali ad esempio quello di Rapolla, di cui si ricordano le frane del 26/2/1919 e del febbraio 1922 che distrussero una dozzina di case e causarono una parziale delocalizzazione del centro abitato in una vicina contrada (progetto AVI CNR-GNDCI). Si tratta in gran parte di crolli, non rappresentabili alla scala del foglio.

Tra gli abitati a rischio di frane va ricordato anche quello di Venosa che, lungo il suo margine meridionale del Vallone del Reale, spesso è stato interessato da frane rotazionali e complesse, sviluppatesi sui litotipi argillosi (ASP) ed i conglomerati regressivi (GVS). L'ultimo evento franoso di una certa importanza si è verificato nel febbraio del 1998, quando a seguito di abbondanti precipitazioni piovose si sviluppò una serie di eventi roto-traslazionali che produssero danni alle aree urbane ubicate immediatamente a ridosso del Vallone del Reale, minacciando, tra l'altro, il castello aragonese (Lazzari, 2000).

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

V - BIOSTRATIGRAFIA

Lo studio biostratigrafico delle unità affioranti nel Foglio "Rionero in Vulture" ha riguardato i depositi marini pleistocenici e le unità mioceniche. L'analisi è stata condotta sulle associazioni a nannofossili calcarei e a foraminiferi nelle unità pleistoceniche, tramite l'analisi rispettivamente di *smear slides* e di lavati, e sulle associazioni a nannofossili calcarei nelle unità mioceniche. Gli *smear slides* sono stati osservati al microscopio ottico polarizzatore a 1000 ingrandimenti, svolgendo analisi qualitative ed osservando generalmente un'area pari a circa 150 campi visivi; su alcuni campioni prelevati nelle unità pleistoceniche sono state svolte analisi quantitative per valutare l'abbondanza di alcuni taxa biostratigraficamente indicativi. Le associazioni a foraminiferi sono state analizzate qualitativamente allo stereomicroscopio, sulla frazione di residuo superiore ai 125 micron.

Lo schema biozonale a nannofossili calcarei cui si è fatto riferimento per il Pleistocene è quello ampiamente utilizzato e collaudato nell'area mediterranea di Rio *et alii* (1990), correlato con quello a foraminiferi di Colalongo & Sartoni (1979) (Fig. 10). Per quanto concerne le suddivisioni cronostratigrafiche adottate nell'ambito del Pleistocene, è ben noto che l'istituzione di unità formali è attualmente ancora oggetto di discussione (Abbate *et alii*, 2002). Per quanto concerne le suddivisioni cronostratigrafiche adottate nell'ambito del Pleistocene, è ben noto che l'istituzione di unità formali è attualmente ancora oggetto di discussione (Abbate *et alii*, 2002). Ai fini dell'attribuzione cronostratigrafica delle unità pleistoceniche del Foglio "Rionero in Vulture" è opportuno notare che, in merito alla problematica relativa alla individuazione del limite Pleistocene inferiore- medio, come rappresentato in Fig.10, la posizione di tale limite viene approssimata all'inversione paleomagnetica Brunhes-Matuyama (Richmond, 1996) piuttosto che al tetto dell'evento paleomagnetico Jaramillo (Cita & Castradori,1995).

Nell'ambito del Pleistocene l'analisi biostratigrafica ha riguardato essenzialmente i depositi appartenenti alle formazioni delle argille subappennine e di Monte

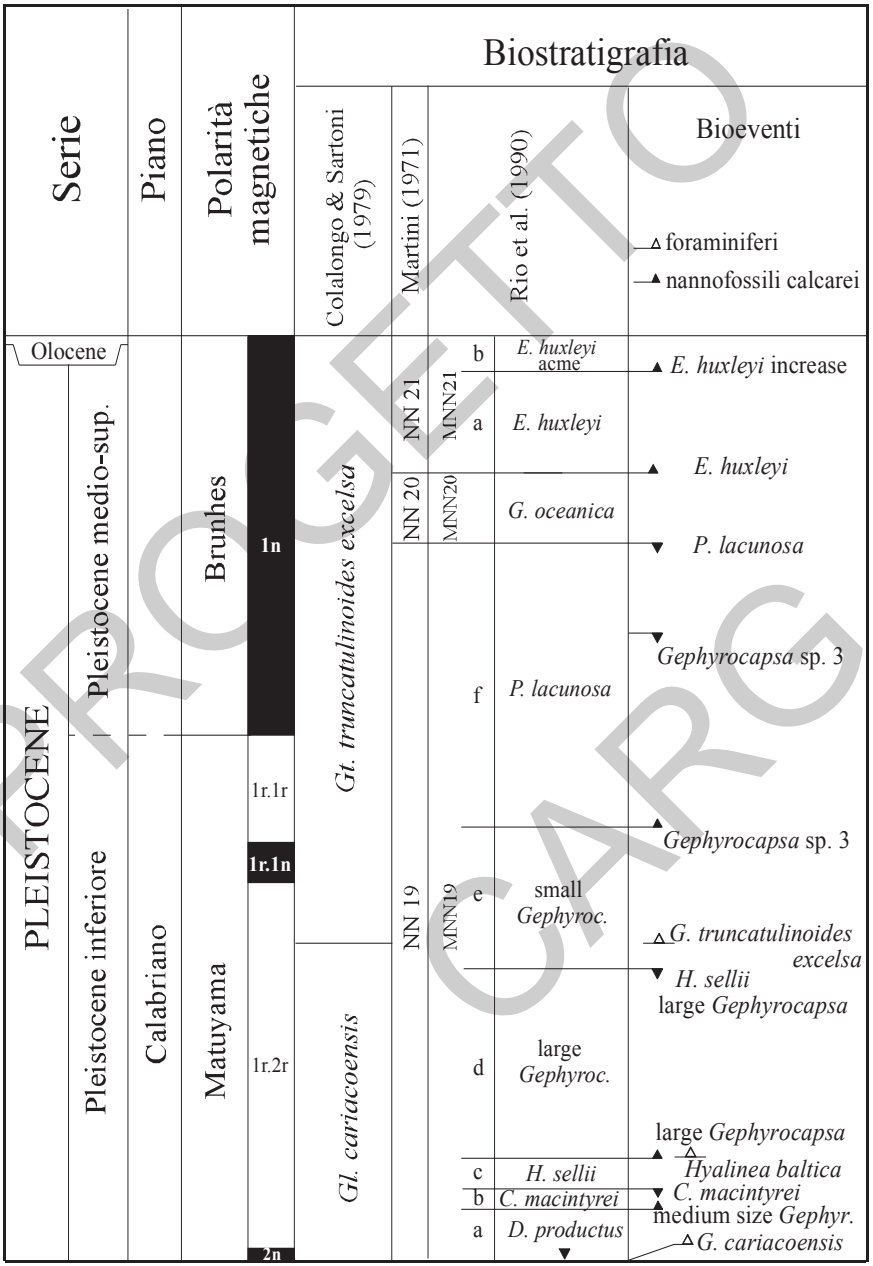


Fig. 10 - *Schema biostratigrafico a nannofossili calcarei e a foraminiferi adottato per il Pleistocene.*

PROGETTO CARG

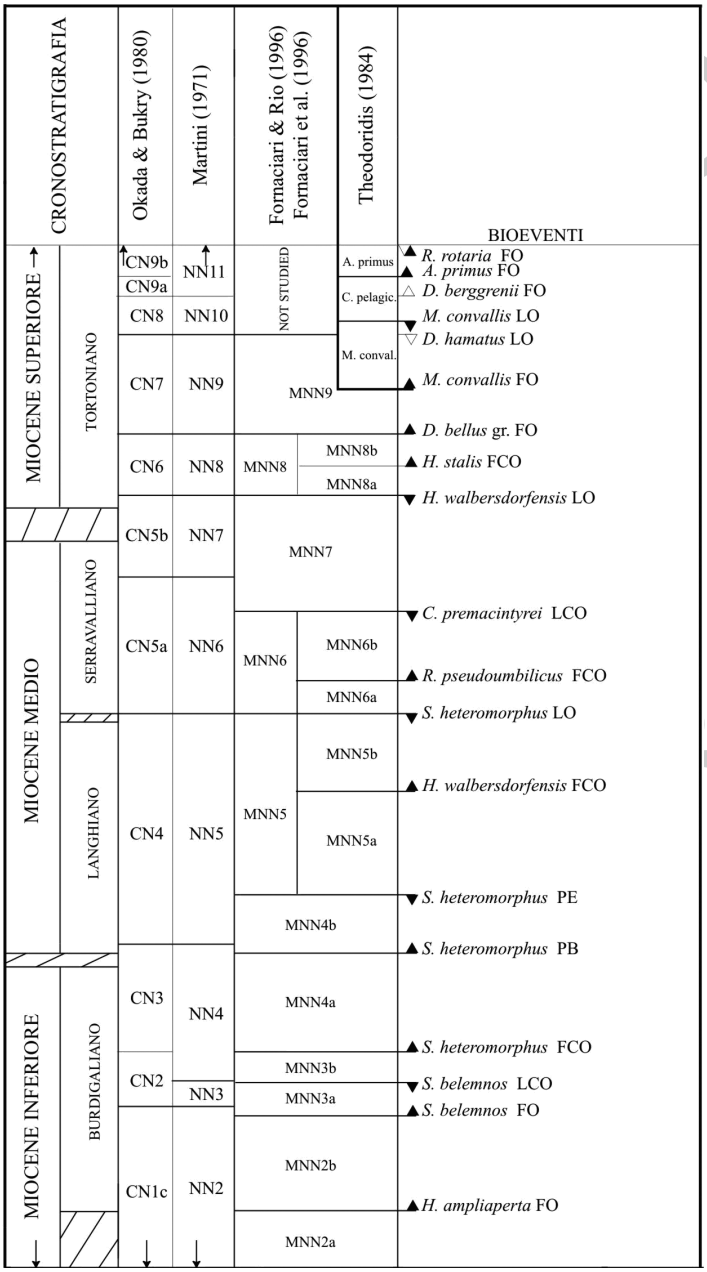


Fig. 11 - *Schema biostratigrafico a nannofossili calcarei adottato per il Miocene.*

San Marco: in quest'ultima, le associazioni a nannofossili calcarei sono risultate spesso in cattivo o mediocre stato di conservazione e caratterizzate da elevato rimaneggiamento cretaceo e paleogenico. In entrambe le unità, la presenza di *G. oceanica* Kamptner > 4 micron ha consentito di individuare un'età pleistocenica. In alcuni casi è stato inoltre possibile individuare la biozona a *small Gephyrocapsa* per la presenza di abbondanti *small Gephyrocapsa* (*sensu* Rio *et alii*, 1990) e rarissime o assenti *G. oceanica* Kamptner > 4 micron, e la biozona a *Pseudoemiliania lacunosa* per la presenza di *Gephyrocapsa* sp. 3 (*sensu* Rio *et alii*, 1990) (= *G. omega* Bukry), la cui comparsa nel Mediterraneo è datata a circa 0,99 - 0,95 Ma (Castradori, 1993; Sprovieri *et alii*, 1998; Maiorano & Marino, 2004). Le biozone individuate si collocano in un intervallo cronostratigrafico alla transizione tra il Pleistocene inferiore ed il Pleistocene medio (Fig. 10). Nella stessa unità le associazioni a foraminiferi sono risultate non significative e caratterizzate principalmente da foraminiferi bentonici; pertanto non è stato possibile riconoscere i *marker* zonali del Pleistocene come *Globigerina cariacoensis* Rögl & Bolli, *Globorotalia truncatulinoides excelsa* (d'Orbigny), o *Hyalinea balthica* (Schroeter) fra i bentonici.

Per le unità mioceniche (Fig. 11) si è fatto riferimento agli schemi biozonali di Fornaciari & Rio (1996) e Fornaciari *et alii* (1996). Gli intervalli cronostratigrafici sono stati tracciati secondo quanto proposto in Fornaciari & Rio (1996), Fornaciari *et alii* (1996) e Rio *et alii* (1997). Le analisi sono state svolte principalmente su campioni prelevati nell'ambito della formazione di Serra Palazzo e del flysch di Faeto. Le associazioni a nannofossili calcarei hanno mostrato uno stato di preservazione da cattivo a mediocre con evidenze di dissoluzione e ricristallizzazione, e frequente rimaneggiamento paleogenico. A causa dell'elevato rimaneggiamento, in queste unità l'analisi è stata generalmente estesa a circa 300 campi visivi. Gli intervalli biozonali individuati nella formazione di Serra Palazzo si estendono dalla zona MNN6 alla zona MNN7 di Fornaciari *et alii* (1996) e sono riferibili al Serravalliano; nel flysch di Faeto è stata individuata la zona MNN5 del Langhiano. Sebbene non sia stato riconosciuto l'intero intervallo cronostratigrafico noto per le suddette formazioni, le biozone individuate sono in accordo con la loro età complessiva nota in letteratura (Maiorano, 1998; Gallicchio & Maiorano, 1999) e compresa tra le biozone MNN4a ed MNN7.

In alcuni casi, come nei depositi pelitico-sabbiosi in prossimità di Masseria Polosa ed attribuiti al subsintema di Potenza, o argilloso-conglomeratici del sintema di Ripacandida, non è stato possibile effettuare alcuna attribuzione di età a causa della estrema rarità della frazione organica e dell'assenza di *taxa* significativi sia nelle associazioni a foraminiferi che in quelle a nannofossili calcarei.

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

VI - STRATIGRAFIA DELLE SUCCESSIONI DEL SUBSTRATO

Le unità della catena appenninica che costituiscono i terreni coinvolti nella tettonica a falde, sono rappresentate da successioni meso-cenozoiche in accavallamento tettonico a vergenza nord-orientale. I termini più antichi sono rappresentati dal Gruppo delle Argille Variegate (**AV**, Cretacico medio - Miocene inferiore), cui appartengono le vecchie formazioni delle Argille Varicolori Inferiori, di Monte Sant'Arcangelo e delle Argille Varicolori Superiori. Il dominio paleogeografico di tale gruppo è discusso: alcuni autori ipotizzano per le Argille Variegate un dominio deposizionale interno (Unità Sicilidi; Ogniben, 1969; Lentini, 1979), mentre per Pescatore *et alii* (1999) esse si sarebbero deposte nella zona assiale del Bacino Lagonegrese (Scandone, 1972, 1975; D'Argenio *et alii*, 1973), e il Flysch Rosso rappresenterebbe le facies di margine dello stesso bacino. Questo gruppo può essere in eteropia con il Flysch Rosso (**FYR**; Cenomaniano superiore-Oligocene) e può passare verso l'alto alle formazioni di Paola Doce e Corleto Perticara e al flysch numidico.

Al Gruppo delle Argille Variegate e al Flysch Rosso segue una successione stratigraficamente continua di calcari, argilliti, arenarie e marne della formazione di Paola Doce (**PDO**; Oligocene superiore - Miocene inferiore) e di quarzareniti del flysch numidico (**FYN**; Miocene inferiore - medio).

Al di sopra delle arenarie numidiche e nei settori più interni dell'area studiata, affiorano in continuità stratigrafica depositi silicoclastici di natura torbiditica, riferibili alla formazione di Serra Palazzo, di età Burdigaliano-Serravalliano (Selli, 1962; Gallicchio & Maiorano, 1999). Eteropici con la stessa (Pescatore *et alii*, 1992) sono i terreni calciclastici del *flysch di Faeto* (Crostella & Vezzani, 1964), che affiorano nel settore più esterno dell'area rilevata e talvolta a diretto contatto con i terreni di avanfossa. Su entrambe le formazioni è possibile individuare lembi discontinui appartenenti alla formazione delle marne argillose del Toppo Capuana (Crostella & Vezzani, 1964; Loiacono & Sbarra, 1991), d'età compresa tra il

Serravalliano ed il Tortoniano, non affioranti nell'area del foglio. Tutti questi termini sono comunemente indicati come "flysch esterni" (Fig. 12). Questi appaiono variamente deformati e dislocati nel corso di più eventi tettonici di natura compressiva e successivamente trascorrente e distensiva, responsabili in buona parte dell'attuale conformazione fisiografica, articolata in alti e bassi morfostrutturali. Nei bassi hanno trovato patria deposizionale i sedimenti appartenenti a piccoli bacini di *thrust-top*, d'età plio-pleistocenica (Fig. 13), che – una volta conquistati all'ambiente subaereo e incisi dal reticolo idrografico – configurano un tipico caso di inversione del rilievo.

Sulla base dell'identificazione dei caratteri stratigrafico-strutturali, in alcuni casi chiaramente distinguibili e quindi diagnostici, le unità del substrato meso-cenozoico sono state suddivise in unità tettoniche, a loro volta suddivise in sub-unità tettoniche.

1. - UNITÀ TETTONICHE DELLA CATENA APPENNINICA

In tale categoria sono state raggruppate tutte quelle unità che costituiscono la porzione più superficiale (subaffiorante) del settore di catena che rientra nel Foglio 452 "Rionero in Vulture". Tali terreni derivano dal progressivo accavallamento tettonico di coltri sedimentarie meso-cenozoiche, appartenenti a paleodomini di differente identità fisiografica (bacini, piattaforme) ubicati a ridosso del margine passivo interplacca euro-africano (Malinverno & Ryan, 1986; Sgrosso, 1988; Patacca & Scandone, 1989; Patacca *et alii*, 1992; Doglioni, 1991).

Lo stile strutturale generale che si ravvisa dall'osservazione panoramica delle unità di catena è quello di una serie di scaglie tettoniche, delimitate da superfici di accavallamento a medio e basso angolo, la maggior parte di esse con andamento NO-SE e con vergenza di sovrapposizione verso il quadrante nord-orientale. Tali strutture, originatesi durante il Miocene medio-superiore (Mostardini & Merlini, 1986), vengono successivamente dislocate dalla tettonica plio-quaternaria, con stile trascorrente e distensivo (Schiattarella, 1998). Le unità tettoniche che sono state individuate all'interno del Foglio 452 "Rionero in Vulture", seguendo un ordine di impilamento relativo alla rispettiva posizione rispetto al segmento di orogene che occupano, sono tre (dall'alto):

- Unità Tettonica di Groppa d'Anzi
- Unità tettonica di San Chirico
- Unità tettonica della Daunia

Tali unità verranno di seguito descritte seguendo un percorso dai settori più interni a quelli più esterni al fronte della catena, procedendo di conseguenza da SO verso NE.

PROGETTO CARG

1.1. - Unità Tettonica di Groppa d'Anzi

Nel Foglio 452 "Rionero in Vulture", tale unità tettonica è costituita da due sub-unità, in reciproco accavallamento strutturale verso NE. Dalla più interna alla più esterna esse sono: la Sub-Unità Tettonica del Torrente Rifezze e la Sub-Unità Tettonica di Sassano – Monte Mattina.

Nel settore più interno del Foglio "Rionero in Vulture" ed in parte condivisa con il confinante Foglio "Melfi", la prima sub-unità tettonica (Torrente Rifezze) comprende i depositi attribuiti al Gruppo delle Argille Variegate (**AV**), generalmente caratterizzati da un assetto giaciturale di tipo caotico.

Sub-Unità tettonica del Torrente Rifezze

Gruppo delle Argille Variegate (AV)

I depositi sono rappresentati da argille ed argille marnose di colore rosso, verde e grigio, con intercalazioni di spessore centimetrico e decimetrico di calcareniti e calcari marnosi. Il loro assetto è caotico, in quanto interessato da intensa deformazione. Il limite esterno è rappresentato da una superficie di accavallamento, non sempre risolvibile in affioramento, che le sovrappone geometricamente alla sub-unità tettonica più esterna di Sassano – Monte Mattina. Tale unità affiora solo all'interno della tavoletta Sant'Ilario di Atella, e risulta essere confinata nell'angolo estremo di SO del foglio. L'ambiente di sedimentazione è di tipo pelagico. Lo spessore è di circa 100 m. L'età è compresa tra il Cretacico inferiore ed il Miocene inferiore.

Sub-Unità Tettonica di Sassano-Monte Mattina

La sub-unità comprende una serie stratigraficamente continua di terreni appartenenti al Flysch Rosso (**FYR**), alla formazione di Paola Doce (**PDO**) e al flysch numidico (**FYN**); il Flysch Rosso corrisponde alla parte alta dei depositi riferiti al Bacino Lagonegrese (D'Argenio *et alii*, 1973), mentre la formazione di Paola Doce e il flysch numidico rappresentano il riempimento sedimentario del Bacino Numidico di Guerrera *et alii* (1990) e Pescatore *et alii* (1999).

L'area di affioramento di questa sub-unità tettonica risulta essere confinata nel settore più interno del quadrante SO del Foglio (tavolette Melfi, Atella, Ripacandida, S. Ilario di Atella e Filiano).

Flysch Rosso (FYR)

Il Flysch Rosso (Cocco *et alii,* 1972) è costituito da un'alternanza di argille marnose ed argilliti spesso laminate, di colore rosso e verdastro in strati di spessore decimetrico, con intercalazioni di calciruditi e calcareniti torbiditiche, di colore biancastro, massive, gradate e a laminazione piano-parallela, e con subordinati calcari ricristallizzati.

PROGETTO CARG

In accordo con quanto affermato da Gallicchio & Maiorano (1999), spesso alla base del Flysch Rosso vengono rinvenute le principali superfici di scollamento tettonico a vergenza nord-orientale che caratterizzano l'intero edificio a falde della catena sud-appenninica; tale caratteristica ne determina spesso un assetto caotico.

Il Flysch Rosso affiora estesamente nel settore meridionale dell'area (quadranti di SO e di SE) in scaglie tettoniche embricate e allungate in direzione NO-SE. I caratteri litologici e sedimentologici tipici sono osservabili solo a luoghi, data la scarsità di affioramenti e le condizioni di alterazione.

L'ambiente di sedimentazione è di tipo pelagico, con episodici apporti torbiditici. L'unità può raggiungere spessori di 120-130 m. L'età di questa formazione è compresa tra il Cenomaniano superiore e l'Oligocene.

formazione di Paola Doce (PDO)

E' costituita da calcareniti a grana media e fine, caratterizzate a luoghi (parte alta degli strati) da laminazione piano-parallela ed incrociata da *ripple*, e alternate a calcari marnosi, marne e calcisiltiti sottilmente laminate, in strati spessi da 10 a 60 cm (PDO_a).

In alcuni localizzati affioramenti di calcari e calcari marnosi nella parte alta della successione, sono riconoscibili in alternanza delle arenarie fini e grossolane, con grado di cementazione variabile, di colore grigio scuro (PDO_b). Le arenarie possono essere massive, gradate, e/o laminate, con sequenze di Bouma T_{a-c} e T_{b-c}, alternate a calcareniti fini con sequenze di Bouma T_{c-e}, a silt, a marne e argille marnose sottilmente laminate e mostrano una notevole quantità di mica (PDO_b) (depositi torbiditici e pelagici).

La formazione di Paola Doce affiora in modo discontinuo nel settore sud-occidentale del Foglio, nei pressi dell'abitato di Filiano (Tavolette S. Ilario di Atella e Filiano).

L'ambiente di sedimentazione è di tipo torbiditico e pelagico. Lo spessore complessivo del corpo geologico è valutabile intorno ai 200 m, e l'età della formazione è riferibile all'Oligocene superiore - Miocene inferiore (Foglio 452 Melfi).

flysch numidico (FYN)

I caratteri di facies di questa porzione di flysch numidico (Ogniben, 1963) non sono sempre ben visibili per l'assenza di spaccati naturali; tuttavia è possibile distinguere quarzareniti grossolane e medie in banchi massivi, amalgamati con *mud clast*, spessi anche 8-9 m. Lo spessore massimo affiorante è di circa 300 m. Età: Miocene inferiore – medio.

PROGETTO CARG

1.2. - Unità Tettonica di San Chirico

L'Unità Tettonica di San Chirico comprende tutti i terreni del bordo orientale della catena sud-appenninica, appartenenti all'avanfossa miocenica (Unità Irpine, Cocco *et alii* 1972; Pescatore, 1978), e rappresenta l'insieme di scaglie tettoniche a vergenza di accavallamento nord-orientale che occupa il settore 'interno' di catena ricadente nell'area in studio.

Sulla base dei caratteri stratigrafico–strutturali che la caratterizzano, l'Unità Tettonica di San Chirico viene chiaramente distinta dalla più esterna e confinante Unità Tettonica della Daunia.

L'Unità Tettonica di San Chirico affiora estesamente all'interno della metà sud-occidentale del foglio. I terreni che la costituiscono sono rappresentati da una successione continua, data dal Flysch Rosso, dal flysch numidico e dalla formazione di Serra Palazzo (**PAA**), per un intervallo compreso tra il Cenomaniano superiore ed il Serravalliano.

Nel settore centrale del Foglio, l'unità volumetricamente più importante dell'Unità Tettonica di San Chirico è rappresentata dalla formazione di Serra Palazzo; essa è caratterizzata nel settore da arenarie arcosiche grigie a granulometria medio-grossolana, in strati e banchi torbiditici, talora amalgamati, insieme a sottili intercalazioni argilloso-siltose. Tali depositi, di età Burdigaliano superiore - Serravalliano (Gallicchio & Maiorano, 1999), appaiono deformati secondo sistemi a pieghe con asse ad orientazione appenninica e si alternano, tramite superfici di accavallamento tettonico a basso angolo, a scaglie costituite da quarzareniti torbiditiche medio-grossolane d'età burdigaliana (Patacca *et alii*, 1992), ed argille siltose riferibili al flysch numidico.

Alcune altre principali superfici di scollamento sono state osservate alla base di intervalli caotici costituiti da argille marnose grigio-rossastre e calcareniti appartenenti al Flysch Rosso (**FYR**). L'orientazione dei piani di accavallamento tettonico che contraddistinguono questa unità mostrano una chiara direzione appenninica (N120°), anche se, localmente, ad opera di brusche interferenze strutturali con estese linee di trascorrenza sinistra, tali piani subiscono una rotazione oraria fino al raggiungimento di una direzione N180° (settore O-SO di Forenza). Questa rotazione è documentata anche dalla rotazione negli assi delle pieghe anticlinali che usualmente accompagnano le strutture di accavallamento osservate.

Nel settore centrale dove affiora estesamente l'Unità di San Chirico, in particolare ad O-SO dell'abitato di Forenza, le arenarie appartenenti al flysch numidico risultano deformate secondo una stretta piega anticlinale, il cui asse risulta orientato N170°. Tali livelli passano per contatto stratigrafico, spesso ben visibile e cartografabile, ad arenarie e sabbie massive appartenenti alla formazione di Serra Palazzo (**PAA**).

PROGETTO CARG

Flysch Rosso (FYR)

In questa unità tettonica la formazione del Flysch Rosso affiora solo per qualche decina di metri con i termini più alti. Questi sono fatti di marne grigie, calcari marnosi e calcareniti in strati sottili, e nella parte bassa da argille marnose di colore grigio, marrone e rosse laminate, con intercalazioni di calcareniti massive e gradate, in strati dello spessore variabile da 10 cm a 50 cm (depositi torbiditici e pelagici). Età presunta: Eocene - Oligocene.

flysch numidico (FYN)

Il flysch numidico (Ogniben, 1963) si sviluppa in continuità stratigrafica al di sopra dei termini appartenenti al Flysch Rosso, attraverso un contatto spesso visibile in affioramento. I livelli che appartengono a questo flysch risultano tipicamente caratterizzati da quarzareniti in strati di spessore decimetrico e metrico, moderatamente cementate, di colore giallastro verso i livelli più alti della successione. Spesso, le quarzareniti si rinvengono intercalate ad intervalli pelitici di colore bruno o grigio-scuro, caratterizzati da laminazione piano-parallela.

In prossimità del contatto stratigrafico con il sottostante Flysch Rosso (settori centrali del foglio), la successione numidica presenta una particolare colorazione bruna e una maggiore presenza di interstrati pelitici di tipo *shale*, tipici della formazione sottostante, mentre assume una colorazione più chiara verso i livelli più alti. L'ambiente di sedimentazione è di tipo torbiditico. Il flysch numidico appartenente a questa unità tettonica affiora diffusamente a NE dell'abitato di Filiano, secondo scaglie tettoniche di moderata estensione, con uno spessore che oscilla tra i 20 ed i 30 m. L'età della formazione, se si considerano le datazioni di Maiorano, (1998) e Gallicchio & Maiorano, (1999) che hanno eseguito un dettagliato lavoro bio-stratigrafico nella sovrastante formazione di Serra Palazzo, ed i risultati del coordinamento del Comitato d'Area per l'Appennino Meridionale del Progetto CARG, è Miocene inferiore-medio. La porzione affiorante in quest'area è limitata al Miocene inferiore

formazione di Serra Palazzo (PAA)

La formazione di Serra Palazzo (Selli, 1962; Casnedi, 1964; Ogniben, 1969; Palmentola, 1970; Loiacono & Sbarra, 1991; Sbarra, 1994; Boiano *et alii*, 1994; Gallicchio & Maiorano, 1999) è costituita da una successione arenaceo-pelitica, con arenarie arcosiche, da mature a mediamente immature, organizzate in strati e megastrati torbiditici gradati, ricchi di inclusi argillosi. Lungo i contatti tra due strati successivi, e quando il grado di amalgamazione tra strati lo consente, possono essere osservate delle diffuse strutture da deformazione da carico. Inoltre, alla sommità degli strati gradati, sono presenti strutture sedimentarie trattive (*ripple* da corrente, laminazione piano-parallela) e strutture da deformazione/trazione (lamine convolute, lamine *foreset* sovrainclinate). Questa successione corrisponde al Complesso Molassico di Casnedi (1964); al flysch di Masseria Luci di Ogniben

PROGETTO CARG

(1969); al membro arenaceo-calcareo di Vallone della Difesa di Sbarra (1994) e al membro di Tempa Cisterna di Gallicchio & Maiorano (1999). Lo spessore medio in affioramento è di ~60 m.

Verso l'alto tale successione passa ad un'alternanza di strati centimetrici marnosi, arenacei e pelitici, di spessore complessivo in affioramento di ~75 m. Le strutture sedimentarie degli intervalli arenacei sono analoghe a quelle dei depositi sottostanti. Talvolta è possibile riconoscere anche dei livelli a *slump*, intercalati nella parte alta della successione. Questi depositi marnoso-pelitico-arenacei corrispondono al Membro di Jazzo Porcellini di Gallicchio & Maiorano (1999).

L'ambiente di sedimentazione è di tipo torbiditico e pelagico. L'età della formazione è riferibile all'intervallo Burdigaliano superiore – Serravalliano. Gli intervalli biozonali individuati nella formazione di Serra Palazzo affiorante nell'area del Foglio Rionero in Vulture si estendono dalla zona MNN6 alla zona MNN7 di Fornaciari *et alii* (1996) e sono riferibili al Serravalliano.

1.3. - Unità tettonica della Daunia

L'Unità Tettonica della Daunia nel Foglio 452 Rionero in Vulture coincide interamente con i terreni appartenenti al flysch di Faeto (**FAE**), d'età Langhiano-Serravalliano. Occupa il settore più esterno dell'edificio a falde (posizione più frontale). Per lo stesso motivo, tale unità viene considerata la più bassa dal punto di vista geometrico.

flysch di Faeto (FAE)

La successione del flysch di Faeto (Pescatore *et alii*, 1992, *cum bibl.*) risulta costituita prevalentemente da calcari marnosi e calcilutiti grigio chiare ad *Orbulina* spp e da calcareniti bioclastiche torbiditiche in strati da centimetrici a decimetrici, con intercalazioni centimetriche di argille, argille marnose e silt grigio-verdi e talora arenarie fini arcosiche grigie torbiditiche (**FAE**). A questa successione risulta spesso intercalata una litofacies caratterizzata da argille marnose e silt di colore grigio-biancastro con intercalazioni di strati centimetrici marnoso-arenacei e calcilutitici (**FAE_a**).

Il flysch di Faeto appare deformato da strutture plicative con generale vergenza nord-orientale e, rappresentando il segmento più esterno di catena appenninica affiorante nel settore, è localmente ricoperto in discordanza dalle successioni clastiche plio-pleistoceniche esterne.

Lungo alcuni intervalli della successione, possono essere rinvenute superfici di accavallamento tettonico di minore entità associate a sistemi di pieghe con medesima orientazione degli assi (N120°). Lungo il settore localizzato a N dell'abitato di Forenza, l'attività di un sistema complesso con componente trascorrente sinistra,

PROGETTO CARG

è responsabile della deformazione e verticalizzazione degli strati calcilutitici che lo costituiscono.

Più a nord, gli affioramenti sono spesso caratterizzati da una serie di pieghe anticlinali e sinclinali asimmetriche, come probabile risultato dell'attività di *thrust* ciechi minori associati a superfici principali più profonde.

L'ambiente di sedimentazione è di tipo torbiditico e pelagico. Nei depositi del flysch di Faeto è stata individuata la zona MNN5 del Langhiano. Età: Burdigaliano-Serravalliano. Spessore: oltre 400 m.

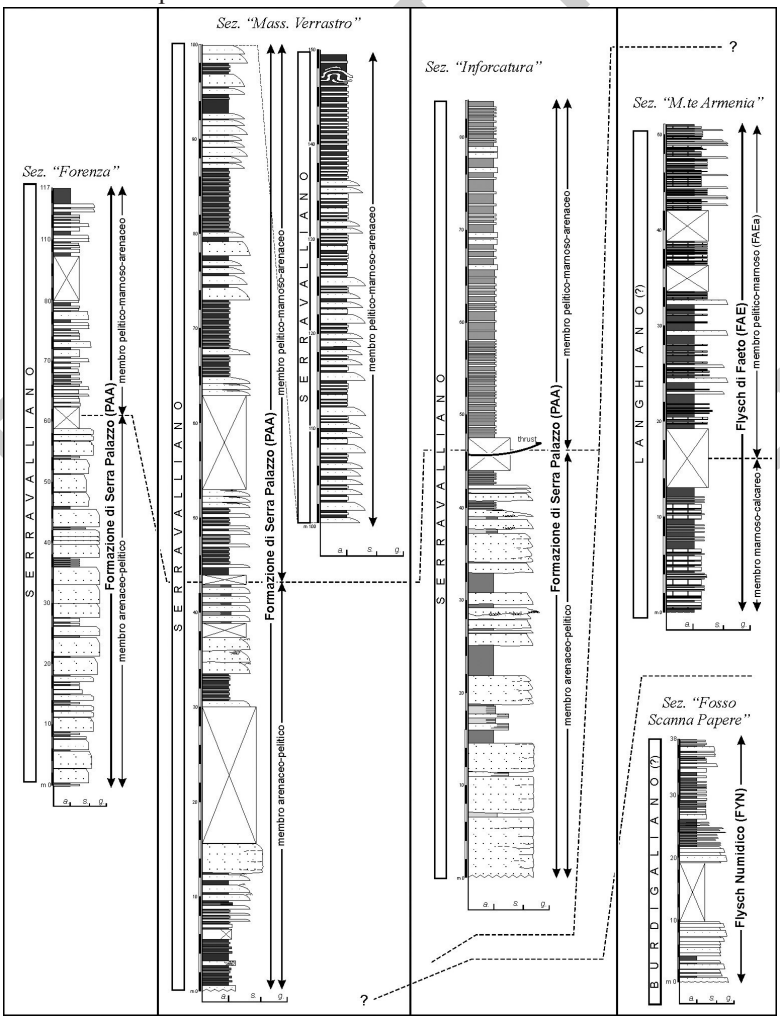


Fig. 12 - *Sezioni stratigrafiche relative alle successioni mioceniche affioranti nell'area del Foglio 452*

VII - STRATIGRAFIA DELLE SUCCESSIONI PLIOCENICHE E QUATERNARIE

1. - UNITÀ PLIO-PLEISTOCENICHE DELLA CATENA APPENNINICA

Lungo tutto il settore frontale della catena, le unità stratigrafico-strutturali appartenenti al substrato meso-cenozoico risultano essere ricoperte, secondo rapporti di evidente discordanza angolare, da depositi clastici riferibili al riempimento sedimentario di localizzati bacini di *thrust-top*, successivamente traslati o coinvolti in fasi tettoniche sin- e post-deposizionali sia di tipo compressivo che distensivo-trastensivo.

I sedimenti che costituiscono queste unità sono spesso caratterizzati da affioramenti poco estesi e discontinui, formati da successioni di sedimenti grossolani e disorganizzati tali da non permettere chiare identificazioni sia su base litostratigrafica e geometrica, che su base paleontologica.

La distinzione in unità sintematiche ha permesso il riconoscimento di due grandi supersintemi: il supersintema della Fiumara di Atella, suddiviso nel sintema di Ripacandida e nel sintema di Monte Sirico, ed il supersintema di Ariano Irpino - Calitri, all'interno del quale è stato riconosciuto il sintema di Tolve, a sua volta ulteriormente suddiviso in due sub-unità sintematiche.

1.1. - SUPERSINTEMA DI ARIANO IRPINO **(AR)**

Il supersintema di Ariano Irpino include delle successioni di età compresa fra il Pliocene inferiore (?) ed il Pliocene superiore, di natura argillosa, sabbiosa e conglomeratica, prevalentemente di ambiente alluvionale, transizionale e marino, appartenenti a bacini di *wedge-top*, e sviluppatesi a tetto dei sovrascorrimenti esterni

PROGETTO CARG

durante il sollevamento parziale di questo ultimo segmento di catena.

Il limite inferiore è rappresentato da evidenti superfici di discordanza angolare che si sviluppano al di sopra del substrato pre-pliocenico. I limiti superiori sono generalmente marcati dalla discordanza angolare con le soprastanti unità vulcaniche di Monte Vulture.

BACINO DELL'OFANTO

sintema di Ruvo del Monte (RVM_b)

Nel Foglio Rionero in Vulture affiora solo la porzione basale dell'unità in piccoli affioramenti presenti nella porzione meridionale del foglio, sul confine occidentale. È costituita da conglomerati clasto-sostenuti, massivi e con stratificazione obliqua, in strati e banchi amalgamati oppure con interstrati di silt da laminato a massivo (depositi di delta-conoide). I ciottoli raggiungono il diametro massimo di 60 cm, sono ben arrotondati, prevalentemente discoidali e subordinatamente equidimensionali e a lama. Le litologie dei ciottoli sono prevalentemente rappresentate da arenarie e subordinatamente da calcari marnosi e calcareniti. Spessore alcuni metri. Età Pliocene inferiore *p.p.*

BACINO DI POTENZA-TRICARICO

sintema di Tolve (TLV)

Il sintema di Tolve (**TLV**) comprende successioni conglomeratico-sabbioso-argillose, distinte in due subsintemi: il subsintema di Potenza (**TLV_1**) ed il subsintema di Acerenza (**TLV_2**).

Le associazioni di facies riconoscibili all'interno di questi depositi indicano degli ambienti deposizionali di natura alluvionale, transizionale e marina. I depositi risultano delimitati alla base da un'evidente discordanza angolare sul substrato pre-pliocenico. Lo spessore è di poco superiore ai 300 m.

subsintema di Potenza (TLV_1)

Tale unità, delimitata alla base ed al tetto da marcate superfici di discontinuità, è caratterizzata da una litofacies conglomeratico-sabbiosa (**TLV_{1a}**), costituita da conglomerati poligenici indistintamente stratificati, ricchi di lenti di ciottoli da spigolosi ad arrotondati, a matrice sabbiosa di colore rossastro o giallastro a luoghi prevalente. Sono presenti intercalazioni di arenarie e lenti di siltiti grigie ricche di piccoli lamellibranchi, e localmente alla base lenti di areniti calcaree bioclastiche con frammenti di ostreidi e pettinidi, a laminazione obliqua a basso angolo, con intercalazioni di conglomerati poligenici rossi. L'insieme dei caratteri di facies indicano ambienti di spiaggia e fluvio-deltizi.

Questa unità, spessa fino a circa 100 m, affiora in modo discontinuo nel settore

PROGETTO CARG

meridionale del foglio ed è ben riconoscibile al di sotto dell'abitato di Acerenza.

Al confine della tavoletta Acerenza con la soprastante tavoletta Forenza, può essere riconosciuta una successione di conglomerati monogenici grossolani in matrice siltosa (**TLV_{1b}**), provenienti con buona certezza dall'erosione dei termini sommitali del sottostante flysch di Faeto (**FAE**). Questi conglomerati sono delimitati alla base ed al tetto da due evidenti superfici di discordanza, ma sia la posizione stratigrafica che le quote di affioramento suggeriscono che tale unità possa essere considerata come una facies eteropica appartenente al subsintema di Potenza. L'età presunta è Pliocene medio *p.p.*

subsintema di Acerenza (TLV_{2a}).

Una successione di areniti ibride (*sensu* Zuffa, 1980), in strati decimetrici a laminazione incrociata e piano-parallela, si sviluppa al di sopra dei depositi appartenenti al precedente subsintema di Potenza (**TLV_1**), attraverso una evidente superficie di discordanza visibile soprattutto nei pressi dell'abitato di Acerenza ed a ovest di esso (Cava di Sabbia). I clasti sono costituiti da una frazione litoclastica medio-fine rappresentata da granuli quarzosi alterati, subordinata ad una frazione bioclastica medio-grossolana, costituita da frammenti di pettinidi e ostreidi. Tale unità affiora in modo esteso nella parte più meridionale del foglio, senza che sia ricoperta da altri sedimenti d'età più giovane. Tale successione risulta molto simile, nei caratteri litologici, tessiturali e sedimentologici, alle successioni arenitiche e calcarenitiche del Pliocene medio-superiore presenti in altre aree dell'Appennino Lucano e della Piattaforma Apula (come depositi più o meno coevi e legati probabilmente ad una fase climatica calda o arida, così come documentato per altri settori dell'Appennino; cfr. Capozzi & Picotti, 2003). L'ambiente di sedimentazione è di tipo costiero. Lo spessore è di circa 10-15 m. Età Pliocene medio *p.p.* - superiore *p.p.*

1.2. - supersintema della Fiumara di Atella **(FM)**

Comprende i terreni appartenenti a più sintemi formati tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore a tetto dei sovrascorrimenti durante l'emersione della scaglia esterna dell'Appennino meridionale. Il limite inferiore è in discordanza angolare sul substrato pre-pliocenico. Il limite superiore è rappresentato da una superficie erosiva sepolta dalle unità vulcaniche del Monte Vulture.

BACINI DELL'OFANTO E DI RIPACANDIDA

sintema di Ripacandida (RCD)

Il sintema di Ripacandida (**RCD**) è costituito da conglomerati poligenici mas-

PROGETTO CARG

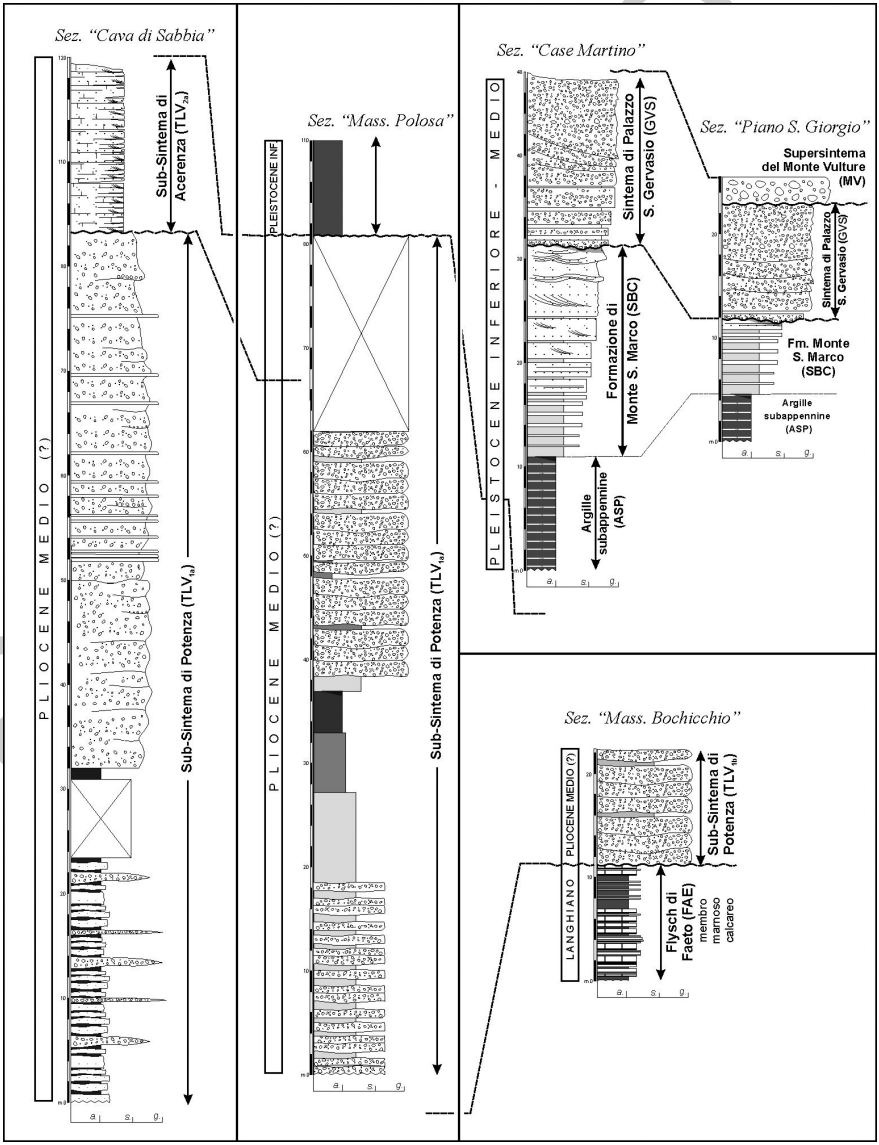


Fig. 13 - *Sezioni stratigrafiche relative ad alcune successioni plio-pleistoceniche affioranti nell'area del Foglio 452 Rionero in Vulture.*

sivi, matrice sostenuti e ben cementati. E' affiorante lungo una zona assiale della catena, e si sviluppa al di sopra della Unità Tettonica di San Chirico.

In prossimità dell'abitato di Ripacandida, i depositi appartenenti a questo sintema sono organizzati secondo due grossi corpi conglomeratici, separati da una sottile lente di argilla siltosa laminata, priva di fossili. Le facies osservate sono probabilmente correlabili con quelle descritte per il Foglio n. 451 "Melfi" (**SDI**) ed interpretate come depositi continentali di sistemi deltizi. Lo spessore massimo affiorante è di 20 m circa. L'età presunta è il Pliocene superiore (?).

sintema di Monte Sirico (MSI)

Il sintema di Monte Sirico (**MSI**) è costituito da conglomerati grossolani clasto-sostenuti massivi e a stratificazione orizzontale e obliqua, discordanti sul substrato pre-pliocenico e riferibili ad un sistema di conoide alluvionale. Esso affiora solo in parte lungo il bordo occidentale del Foglio 452 "Rionero in Vulture", mentre la maggior parte dei suoi depositi si sviluppano nel confinante Foglio 451 "Melfi".

Verso il settore centrale (O) di questo sintema, i conglomerati passano lateralmente a depositi lacustri. Questo tipo di rapporto laterale di facies ha permesso di interpretare questo sintema come il risultato della sedimentazione di sistemi deposizionali continentali all'interno di un piccolo bacino endoreico.

Lo spessore dei conglomerati non supera i 50 m. Sulla base della sua continuità laterale nel contiguo Foglio 451 "Melfi", dove l'unità è sovrapposta ad altre unità sintemiche, l'età relativa di questo sintema sarebbe Pliocene superiore *p.p.*- Pleistocene inferiore?.

2. - UNITÀ PLEISTOCENICHE DELL'AVANFOSSA BRADANICA

Quasi l'intera metà nord-orientale del Foglio "Rionero in Vulture" è occupata dalle Unità Pleistoceniche dell'Avanfossa Bradanica.

Tali unità rappresentano i depositi regressivi dell'avanfossa (Migliorini, 1937; Pieri *et alii*, 1994; 1996; Sabato, 1996; Lazzari & Pieri, 2002; Tropeano *et alii*, 2002) organizzati secondo differenti sistemi deposizionali di natura marina, transizionale e continentale, caratterizzati da generale tendenza progradante verso NE e successivamente verso SE.

Si è cercato di reinterpretare il *record* sedimentario regressivo dell'avanfossa in chiave sintemica, e pertanto l'intera successione pleistocenica è stata raggruppata in due formazioni (argille subappennine e Monte San Marco) e nel sintema di Palazzo San Gervasio. Queste unità registrano la chiusura del così detto "ciclo bradanico" (Pieri *et alii*, 1994); nel Foglio "Rionero in Vulture", infatti, i terreni di pertinenza "bradanica" costituiscono proprio i sistemi di *back-edge* dell'intera fossa.

La successione pleistocenica è stata gerarchicamente suddivisa in due forma-

PROGETTO CARG

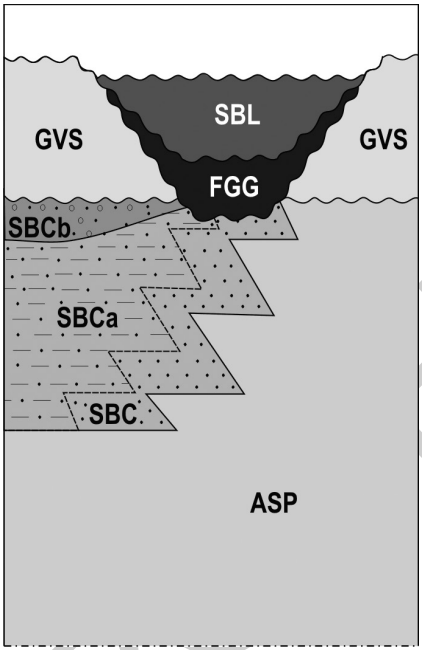


Fig. 14 - *Schema stratigrafico e rapporti geometrici della successione regressiva affiorante in Avanfossa Bradanica nell'area del Foglio 452 "Rionero in Vulture" (per le sigle usate si rimanda al testo ed alla legenda della carta).*

zioni ed in un sintema (Fig. 14), per il quale sono state rinvenute al letto ed al tetto estese superfici di discordanza, riconoscibili su tutto il settore del foglio interessato da questa successione e nelle aree limitrofe: le formazioni di Monte San Marco (**SBC**) e delle argille subappennine (**ASP**), ed il sintema di Palazzo San Gervasio (**GVS**). Tali unità verranno di seguito descritte dal basso, rispettando l'ordine stratigrafico.

argille subappennine (ASP)

La formazione delle argille subappennine rappresenta in parte la successione d'età plio-pleistocenica istituita e descritta da Ricchetti (1965), successivamente studiata da Azzaroli *et alii* (1968) e più recentemente attribuita al Pleistocene inferiore per quanto riguarda la porzione affiorante in aree ricadenti nel Foglio "Rionero in Vulture" e zone contermini. Essa costituisce la formazione basale dei depositi regressivi dell'Avanfossa Bradanica (Migliorini, 1937; Pieri *et alii*., 1994; 1996; Sabato, 1996; Lazzari & Pieri, 2002; Tropeano *et alii*, 2002).

Nel Foglio 452 "Rionero in Vulture", tale formazione mostra in affioramento gli intervalli sommitali, senza che ne affiori la base. Ciò determina l'impossibilità di calcolarne uno spessore medio e di considerarla quindi come unità di tipo sintematico. Gli affioramenti più abbondanti risultano essere presenti nel quadrante di SE, in coincidenza dell'estesa incisione morfologica prodotta dal Torrente Gine-

PROGETTO CARG

strello, e nel settore settentrionale, in affioramenti di limitata estensione presenti a N dell'abitato di Venosa. La formazione delle argille subappennine è costituita da argille ed argille siltose e marnose di colore grigio-azzurro contenenti sporadiche lenti conglomeratiche. Le facies non sembrano indicare un ambiente profondo. La presenza di livelli siltosi in alternanza alle argille, e caratterizzati da indistinta laminazione piano-parallela e incrociata da *ripple*, suggerisce l'appartenenza ad ambienti di piattaforma o di transizione alla piattaforma.

Questo dato, comparato con le facies che la stessa formazione presenta nei fogli limitrofi ed indicanti un chiaro contesto pelagico, suggeriscono la superficializzazione degli ambienti durante la sedimentazione dei livelli che affiorano nel foglio in oggetto. Lo spessore massimo affiorante è di circa 100 m.

La presenza di *G. oceanica* Kamptner > 4 micron ha consentito di individuare un'età pleistocenica. In alcuni casi è stato inoltre possibile individuare la biozona a small *Gephyrocapsa* e rarissime o assenti *G. oceanica* Kamptner > 4 micron, e la biozona a *Pseudoemiliania lacunosa* per la presenza di *Gephyrocapsa* sp. 3 (*sensu* Rio *et alii*, 1990) (= *G. omega* Bukry). L'età è riferibile al Pleistocene inferiore *p.p.*

formazione di Monte San Marco (SBC)

In continuità stratigrafica sulla precedente formazione, e secondo rapporti di eteropia per progradazione in direzione appenninica, sono presenti delle sabbie giallastre medie e grossolane quarzoso-calcaree, contenenti resti di bivalvi, briozoi ed echinidi, riferibili alla formazione nota in passato come Sabbie di Monte Marano (Azzaroli *et alii*, 1968). Tale unità, presente in affioramento nel settore centro-orientale del foglio, è denominata formazione di Monte San Marco (**SBC**).

Le sabbie sono frequentemente caratterizzate da laminazione piano-parallela, incrociata, concava ed a festoni. Localmente, e verso i livelli più alti della formazione, risultano frequenti le intercalazioni di lenti di ghiaia lungo superfici di blanda clinostratificazione.

Le associazioni di facies tipiche di questa formazione suggeriscono l'appartenenza ad ambienti di spiaggia (superiore ed inferiore), dominati dall'azione del moto ondoso, che evolvono verso il bacino (in direzione appenninica), ad ambienti di transizione alla piattaforma, costituiti dai sottostanti livelli della formazione delle argille subappennine.

Nel settore compreso tra l'abitato di Venosa e la Fiumara di Venosa, è possibile osservare in eteropia una facies (**SBC_a**) caratterizzata alla base da una superficie erosiva di significato locale incisa nelle sottostanti argille subappennine. Tale facies è costituita da sabbie medie e fini di colore giallo ocra, contenenti macrofossili marini (ditrupe e piccoli bivalvi), massive o a laminazione piano-parallela, e a luoghi con piccole lenti metriche di conglomerato massivo. Verso l'alto le sabbie passano a conglomerati matrice sostenuti in cui si osserva una stratificazione incrociata e piano-parallela. Tali depositi, il cui spessore è valutabile in affioramento

PROGETTO CARG

intorno ai 50 m, vengono interpretati come sedimenti di fronte deltizio.

Localmente, nel settore ad O rispetto all'abitato di Venosa, al tetto della formazione è possibile distinguere una lente costituita da livelli di breccia matrice-sostenuta, ad elementi eterometrici che possono raggiungere i 2 m di diametro e costituita prevalentemente da elementi derivanti dalla cannibalizzazione di unità più antiche (**SBC_b**).

Lo spessore massimo affiorante di **SBC** è circa 100 m.

Le associazioni a nannofossili calcarei sono risultate spesso in cattivo o mediocre stato di conservazione e caratterizzate da elevato rimaneggiamento cretaceo e paleogenico. La presenza di *G. oceanica* Kamptner > 4 micron ha consentito di individuare un'età riferibile al Pleistocene inferiore *p.p*.

sintema di Palazzo San Gervasio (GVS)

Al di sopra delle precedenti formazioni, attraverso una superficie di discordanza con marcato carattere erosivo rinvenibile in diversi affioramenti, è stato identificato il sintema di Palazzo San Gervasio (**GVS**), in cui rientrano i depositi che nella vecchia nomenclatura venivano identificati come formazione del Conglomerato di Irsina (Azzaroli *et alii*, 1968).

Il sintema di Palazzo San Gervasio comprende conglomerati clasto- e matrice-sostenuti, massivi e con stratificazione incrociata concava ed obliqua; sono presenti a luoghi lenti sabbioso-siltose con laminazione piano-parallela ed incrociata e livelli argilloso-siltosi ricchi di resti di piante. Gli affioramenti occupano per intero il settore centro-orientale del Foglio, blandamente inclinati verso NO e disposti secondo corpi sedimentari morfologicamente isolati dalle attuali linee erosive torrentizie.

Le misure di paleocorrente, ottenute dall'embriciatura dei ciottoli, indicano quasi sempre una direzione verso NE, coerente con la generale direzione di allungamento dei corpi conglomeratici e l'immersione dei *foreset*.

Le associazioni di facies osservate all'interno dei depositi del sintema di Palazzo San Gervasio mostrano in alcune aree la presenza di livelli conglomeratici ricchi in matrice, spesso canalizzati. L'organizzazione dei canali, caratterizzati dalla presenza di ghiaia grossolana e la cui profondità non supera mai il metro, mostra una distribuzione secondo ripetizioni latero-verticali all'interno di depositi di zone di inter-canale costituite da ghiaia più fine e sabbia. L'architettura deposizionale generale dei depositi che mostrano questa organizzazione di facies è di tipo aggradazionale (affioramenti presenti a NE dell'abitato di Forenza e a SSE dell'abitato di Venosa).

In altre località (settori a S e a SO dell'abitato di Palazzo San Gervasio), i sistemi deposizionali precedenti passano in modo transizionale a ghiaia e sabbia grossolana organizzati in corpi clinostratificati di pochi metri di spessore, ricchi di frammenti fossili di bivalvi e con un'architettura deposizionale di tipo progradante.

PROGETTO CARG

Queste due associazioni di facies, già peraltro segnalate in alcuni lavori precedenti condotti sul settore (Lazzari & Pieri, 2002; Tropeano *et alii,* 2002), indicano l'esistenza di sistemi fluviali di tipo *braided* che, longitudinalmente e verso il bacino, evolvono a sistemi transizionali di tipo deltizio (facies di fronte deltizio e di scarpata), che raramente mostrano le corrispettive facies distali (prodelta).

Negli affioramenti più meridionali (Mass. Zaffiro, Tav. Forenza), tali depositi, in facies continentale, appaiono deformati secondo una piega anticlinale con asse ad orientazione appenninica; in questo caso, le direzioni di paleocorrente indicano una distribuzione modale prevalente verso SSE. Ciò suggerisce che la deformazione da parte della tettonica compressiva (spinte migratorie della porzione più esterna della catena appenninica), doveva agire durante la deposizione di questi depositi, favorendone localmente uno sviluppo verso meridione.

L'organizzazione stratigrafica della parte alta delle successioni mostra una architettura di tipo *downward shifting*, come risultato dell'interferenza tra le oscillazioni relative ad alta frequenza del livello del mare e gli scatti nel sollevamento regionale. Ciò avrebbe determinato la sedimentazione in alternanza di prismi costieri in regressione deposizionale (successioni prevalentemente sabbiose di ambiente di spiaggia) e di prismi costieri in regressione erosiva (successioni conglomeratiche deltizie).

Questo forte controllo da parte delle oscillazioni di alta frequenza del relativo livello del mare sarebbe stato responsabile di forti diacronismi tra unità caratterizzate da analoghi caratteri litologici ma differenti tempi di sedimentazione (vedi anche Lazzari & Pieri, 2002). Il sintema di Palazzo San Gervasio deve essere pertanto considerato come l'insieme di numerosi sub-sintemi, diacroni e caratterizzati da una marcata tendenza alla progradazione. Lo spessore massimo affiorante dei corpi conglomeratici-sabbiosi che formano l'intero sintema raggiunge i 35 m e l'età è compresa tra il Pleistocene inferiore ed il medio.

3. - UNITÀ VULCANICHE DEL MONTE VULTURE E DEI BACINI SEDIMENTARI AD ESSO ASSOCIATI

Questo raggruppamento comprende i depositi quaternari di ambiente continentale ed i prodotti vulcanici del Monte Vulture.

Le unità vulcaniche riconosciute nel Foglio "Rionero in Vulture" sono le stesse riconosciute nell'adiacente Foglio 451 "Melfi", e dettagliatamente descritte in Giannandrea *et alii* (2006a) e Principe (a cura di, 2006). Da questi lavori deriva gran parte della suddivisione in unità sintemiche qui adottata ed a questi si rimanda per una più esaustiva descrizione delle facies vulcaniche e sedimentarie presenti in entrambi i fogli.

PROGETTO CARG

3.1. - SUPERSINTEMA DI MONTE VULTURE **(MV)**

Esso raggruppa i sintemi di Foggianello, Barile e Melfi ed i relativi subsintemi, distinti tra i prodotti vulcanici emessi dal Monte Vulture. Nei settori distali questi passano a depositi epiclastici indifferenziati derivanti dallo smantellamento dell'edificio vulcanico e dall'alterazione dei depositi di caduta. Questi sono osservabili nei pressi dell'abitato di Venosa e sui conglomerati del sintema di Palazzo San Gervasio, dove le *facies* sono costituite da conglomerati sabbiosi di colore rosso ad elementi vulcanici, sia massivi che con stratificazione incrociata concava; la matrice sabbiosa, in cui si distinguono cristalli di pirosseno, appare generalmente molto alterata. La base del supersintema è rappresentata dalla superficie erosiva che ha inciso tutta la successione quaternaria dell'Avanfossa Bradanica fino a raggiungere le argille subappennine (**ASP**) e che individua la paleovalle della Fiumara di Venosa (DE LORENZO, 1899); nelle aree non soggette a erosione la base è rappresentata da un paleosuolo. Chiude il supersintema a tetto il paleosuolo M18, un *marker* tefro-stratigrafico definito da LA VOLPE & PRINCIPE (1989a). L'età è riferibile al Pleistocene medio.

sintema di Foggianello (FGG)

La discontinuità di letto è rappresentata dalla paleomorfologia pre-vulcanica modellata dall'azione erosiva dei corsi d'acqua (DE LORENZO, 1899; PICCARRETA & RICCHETTI,1970; GIANNANDREA *et alii*, 2006a).

La discontinuità di tetto è rappresentata dalla caldera formatasi alla fine della deposizione del subsintema di Fara d'Olivo, ora sepolta sotto le unità più recenti e solo parzialmente visibile nell'area di Foggianello (Foglio Melfi; cfr. anche GIANNANDREA *et alii*, 2006a). Fuori caldera il subsintema è delimitato superiormente da una marcata superficie erosiva visibile sia sul vulcano che tra le facies epiclastiche della Fiumara di Venosa (e che rappresenta la fase erosiva "Flaminia", BONADONNA *et alii*, 1998) e distalmente da una superficie di paraconcordanza. I depositi relativi a questo sintema affiorano ai margini della coltre delle vulcaniti di Monte Vulture o nelle incisioni più profonde.

Lo spessore massimo della successione indifferenziata è di 25 m.

Il sintema di Foggianello è stato suddiviso in tre subsintemi (GIANNANDREA *et alii*, 2006a, 2006b) che affiorano estesamente nel Foglio Rionero e che sono stati cartografati indifferenziati solo negli affioramenti più distali, di facies alluvionale, presenti lungo la Fiumara di Venosa.

Queste facies distali sono costituite da conglomerati sabbiosi con stratificazione obliqua e incrociata concava, tra i cui ciottoli sono presenti anche clasti vulcanici e blocchi di ignimbrite del subsintema di Fara d'Olivo (**FGG_b**). La matrice di questi depositi è una sabbia medio-grossolana, costituita prevalentemente da piccoli cristalli di pirosseno. A luoghi, alla base dell'unità sono presenti circa 2 m

PROGETTO CARG

di conglomerati ad elementi esclusivamente sedimentari, cui segue verso l'alto un deposito di pomici centimetriche e cenere biancastre derivanti dall'erosione delle coltri ignimbritiche del subsintema di Fara d'Olivo, di spessore variabile da un massimo di circa 10 m (in corrispondenza della confluenza della Fiumara di Venosa con il Torrente Olivento) a 2 m (nei pressi dell'abitato di Venosa).

subsintema della Spinoritola (FGG_1)

Comprende depositi prevalentemente di ambiente alluvionale e di versante (**FGG_{1b}**), costituiti da conglomerati clasto-sostenuti, massivi e con stratificazione incrociata concava, contenenti ciottoli sedimentari e nella parte alta, a luoghi (Toppo San Paolo), vulcanici, derivanti dallo smantellamento di filoni vulcanici affioranti in località la Spinoritola (**ft**). Tali depositi si rinvengono in località Serra del Castagno, lungo la Fiumara dell'Arcidiaconata, nei pressi di Toppo San Paolo. I filoni vulcanici, che attraversano il substrato sedimentario (flysch di Faeto), sono spessi mediamente circa 1 m e caratterizzati dalla presenza di grossi fenocristalli iso-orientati di k-feldspato e plagioclasio (**ft**)[1]. L'età dei filoni, inizialmente di 674±7 ka (Bonadonna *et alii,* 1998), è ridefinita da Buettner *et alii* (2006) in 687±8 ka. Lo spessore del subsintema è variabile da qualche metro a 25-30 m.

subsintema di Campanile (FGG_2)

Nel Foglio "Rionero in Vulture" il subsintema di Campanile affiora solo nei pressi di Toppo San Paolo, dove è rappresentato da una successione di strati decimetrici di depositi massivi, da caduta, di pomici scure e ceneri, con intercalati minori strati di ceneri con strutture inclinate e ad onda (flussi diluiti). Alcuni termini di questa unità hanno composizione tefrofonolitica (Stoppa *et alii*, 2006). Chiude la successione presente nel foglio uno strato, spesso circa 2 m, costituito da ceneri massive di colore bruno con disperse piccole pomici (deposito di flusso piroclastico concentrato). Lo spessore totale dell'unità è di 3-4 m.

subsintema di Fara d'Olivo (FGG_3)

L'unità è costituita da una complessa successione di depositi che sono stati suddivisi in letteratura in due coltri ignimbritiche (Ignimbriti A e B di Crisci *et alii*, 1983), separate da un paleosuolo ed a luoghi da depositi epiclastici. La sequenza comprende banchi di ceneri massive, di colore biancastro e dallo spessore generalmente di alcuni metri, con diffuse pomici centimetriche bianche, e subordinati strati di ceneri e pomici con strutture inclinate e ondulate. La composizione delle pomici dell'unità inferiore è tefrifonolitica (tefri-fonolite secondo la classificazione TAS), quello dell'unità superiore è di trachite fonolitica (De Fino *et alii*, 1982)

[1] Frammenti di questi filoni, erroneamente descritti come blocchi erratici derivanti dallo smantellamento di preesistenti duomi lavici, erano stati indicati nella passata letteratura con il nome di "Blocchi di Rupe di Gallo".

PROGETTO CARG

(fonolite secondo la classificazione TAS) (**FGG_{3va}**). A tetto delle ignimbriti sono presenti, a luoghi, depositi epiclastici di conglomerati massivi e con stratificazione incrociata concava, clasto-sostenuti con ciottoli sia vulcanici che sedimentari (depositi alluvionali) (**FGG_{3b}**).

I depositi riferiti a questo subsintema possono raggiungere a luoghi i 10-15 m di spessore (lungo la Fiumara dell'Arcidiaconata, nei pressi di Toppo San Paolo, a Fara d'Olivo).

L'età relativa del subsintema è riferibile alla parte bassa del Pleistocene medio. Per quanto riguarda l'età assoluta, quella di 730±20 ka proposta da Villa (1986) è in disaccordo con l'età di 674±7 ka (cfr. Tab. 1) dei filoni facenti parte del *subsintema della Spinoritola*, che su basi stratigrafiche risulta più vecchio.

sintema di Barile (SBL)

Le discontinuità che identificano il sintema sono il paleosuolo M18 (a tetto) ed una discordanza angolare (a letto) marcata da una superficie erosiva, che nei settori più distali diventa una disconformità.

Questa unità indifferenziata è costituita da sabbie conglomeratiche a stratificazione piano-parallela ed incrociata concava (depositi di conoide alluvionale), con intercalazioni di strati decimetrici di lapilli e ceneri di caduta in posizione primaria. Nella parte alta dell'unità sono anche presenti depositi di travertino ed un paleosuolo.

Si tratta dell'unità del Pleistocene medio che ha la maggiore distribuzione areale nel foglio, sia come depositi in facies primaria sia come epiclastiti, e che volumetricamente comprende la gran parte dei depositi emessi durante l'attività vulcanica del Monte Vulture. Nelle aree prossimali il sintema di Barile è stato suddiviso in quattro subsintemi, mentre nel distale, dove prevalgono i depositi epiclastici, è stato cartografato come un'unica unità indifferenziata.

subsintema di Toppo San Paolo (SBL_1)

Il principale corpo vulcanico riferibile a questo subsintema affiora in corrispondenza dell'omonima località di Toppo San Paolo ed è costituito da un duomo di lava fonolitica (De Fino *et alii*, 1982) che nella sua crescita ha deformato e tagliato le unità precedenti. La lava ha colore grigio chiaro ed una puntinatura rossobruna dovuta alla presenza di abbondanti cristalli di granato. L'età radiometrica di 646,34±6,7 ka (Bonadonna *et alii*, 1998) è ridefinita da Buettner *et alii* (2006) in 673±19 ka.

subsintema di Rionero (SBL_2)

Litologicamente l'unità è caratterizzata da quattro litofacies**.** La litofacies (**SBL_{2va}**) è costituita da una successione di strati decimetrici di ceneri massive e con strutture inclinate da onda, a luoghi con orizzonti di lapilli accrezionari (flussi

PROGETTO CARG

concentrati e diluiti) separati a diverse altezze stratigrafiche da alcuni paleosuoli impostatisi sui banchi di ceneri e/o superfici erosive. Strati metrici di ceneri fini con lenti di pomici bianche pluricentimetriche da caduta costituiscono uno dei marker stratigrafici più significativi di questa successione ("pomici di Masseria Boccaglie" *auctorum*), a chimismo di tefrite fonolitica (De Fino *et alii*, 1982) (tefro-fonolite secondo la classificazione TAS). Lo spessore massimo di questa litofacies è valutabile in circa 15 m, e l'età minima è di 672±6 ka (Buettner *et alii*, 2006).

La litofacies superiore (**SBL_{2vb}**) del subsintema di Rionero è costituita di una fitta alternanza di strati decimetrici di lapilli, pomici e scorie da caduta di chimismo tefritico e foiditico, e subordinati depositi di flusso piroclastico, costituiti da ceneri giallastre massive con clasti dispersi (flussi concentrati) e da ceneri con strutture inclinate da onda (flussi diluiti). A diverse altezze stratigrafiche sono presenti superfici erosive e localmente piccoli suoli. Alcuni depositi di pomici presentano una variazione di colore da chiaro alla base a scuro al tetto, che insieme alla fitta alternanza di depositi dà un aspetto caratteristico a questa litofacies (nota in letteratura come "piroclastiti straterellate"; cfr. La Volpe & Piccarreta, 1971). L'età minima di questa successione è di 630±20 ka (Buettner *et alii*, 2006) e lo spessore è di circa una decina di metri.

Le più importanti aree di affioramento del subsintema si individuano in una stretta fascia lungo il margine occidentale del foglio (dall'abitato di Rionero in Vulture al Fosso dello Stroppito), in un'ampia zona posta lungo il versante sinistro della Fiumara dell'Arcidiaconata, in vicinanza del Toppo San Paolo, ed in località Fara d'Olivo.

A diverse altezze stratigrafiche, nelle aree marginali di affioramento, si osservano sabbie e conglomerati massivi o con stratificazione piano-parallela ed incrociata concava, di ambiente alluvionale e di conoide alluvionale (**SBL_{2b}**). Lungo il Fosso dello Stroppito affiorano, eteropici con le litofacies **SBL_{2va}** e **SBL_{2vb}**, peliti e sabbie da fini a grossolane con stratificazione sottile piano parallela (**SBL_{2e}**) (depositi lacustri).

subsintema di Vulture-San Michele (SBL_3)

Le litologie prevalenti sono costituite da depositi massivi di ceneri con blocchi eterolitologici decimetrici, prodotti da singole unità di flusso piroclastico concentrato di spessore fino a 10-15 m (**SBL_3**). Tra i depositi di flusso si osservano, in alternanza, subordinate sottili colate laviche (**SBL_{3va}**) e livelli di caduta di pomici scure di spessore decimetrico. In eteropia con i depositi in facies primaria esistono numerosi e volumetricamente importanti depositi epiclastici (**SBL_{3b}**), rappresentati da conglomerati e sabbie massivi (depositi di trasporto in massa) e da depositi a stratificazione incrociata concava e piano-parallela (depositi alluvionali e di conoide alluvionale).

Dal punto di vista della composizione chimica tutti i litotipi primari variano da

PROGETTO CARG

foidite a fonolite (Stoppa *et alii*, 2006).

I depositi di questo subsintema affiorano, con spessori di alcune decine di metri, nei quadranti nord-occidentali del foglio, tra gli abitati di Rapolla e di Barile. Nel confinante Foglio "Melfi" questa successione dà origine ai rilievi morfologici principali di Monte Vulture e Monte San Michele e raggiunge uno spessore massimo di circa 500 metri in area pericraterica.

L'età di tetto del subsintema è di 610±8 ka (Buettner *et alii*, 2006).

subsintema di Ventaruolo (SBL_4)

I depositi attribuiti a questa unità sono costituiti da strati decimetrici di scorie di colore grigio-verdastro scuro, con pseudomorfosi centimetriche di analcime su leucite, e sottili strati di ceneri gialle massive o con strutture ad onda con dispersi blocchi lavici monolitologici e pisoliti. Tali depositi giacciono in discordanza angolare su quelli del subsintema di Vulture – San Michele e affiorano molto limitatamente nel Foglio "Rionero in Vulture", tra gli abitati di Barile e Rapolla.

L'età dei depositi è di 624±35 ka (Brocchini *et alii*, 1994), mentre la composizione è tefrite foiditica (Hieke Merlin, 1967; De Fino *et alii*, 1982,1986) (trachibasalto secondo la classificazione TAS). Lo spessore del subsintema affiorante nel foglio in esame è di 1,5 m, mentre nel Foglio "Melfi" può raggiungere uno spessore massimo di 7-8 m.

sintema di Melfi (SMF)

La superficie di separazione di base con le unità sottostanti è di tipo inconforme e, a luoghi, discordante, con una lacuna stratigrafica di circa 40 ka (Buettner *et alii*, 2006). Superiormente, invece, il sintema è delimitato dalla superficie topografica. A luoghi, è inoltre visibile un paleosuolo rossastro (marker M18).

Questo sintema è stato suddiviso da Giannandrea *et alii* (2006a, 2006b) in quattro subsintemi, di cui solamente quello del Castello di Melfi non affiora nel Foglio "Rionero in Vulture" (presente nel contiguo Foglio "Melfi").

subsintema del Gaudo (SMF_1)

Affiora limitatamente alla Piana del Gaudo (fra gli abitati di Rionero ed Atella) ed è costituito da conglomerati massivi e a stratificazione incrociata concava con rare intercalazioni di sabbie grossolane (depositi alluvionali e di conoide alluvionale **SMF_{1b}**). Lo spessore massimo, rilevato dai pozzi per acqua, non supera i 12 m.

subsintema di Piano di Croce (SMF_3)

Si tratta di una estesa colata lavica di colore grigio intenso, a struttura porfirica, classificata da Hieke Merlin (1967) come Hauynite. Il subsintema si estende in direzione SO-NE, tra gli abitati Rapolla e Barile, ed ha uno spessore massimo affiorante di 3 m.

PROGETTO CARG

subsintema di Solagne Arcidiaconata (SMF_4)

Si tratta di concrezioni carbonatiche, con elevata porosità, superficie irregolare e strutture ondulate, all'interno delle quali sono distinguibili anche impronte di resti vegetali (travertini; **SMF_{4f1}**). Il subsintema affiora a diretto contatto con il sintema di Barile, sul bordo nord-occidentale del Foglio, ed ha uno spessore metrico.

3.2. - SUPERSINTEMA DI MONTICCHIO **(MH)**

Comprende i terreni vulcanici del Pleistocene medio-superiore emessi da piccoli centri isolati, ed i depositi epiclastici e clastici rilevati in corpi geologici terrazzati dei bacini idrografici della Fiumara di Atella, del Fosso dello Stroppito e della Fiumara di Venosa.

Il supersintema è delimitato a tetto dalla superficie topografica attuale ed alla base dal paleosuolo M18 e dai depositi epiclastici di Piano del Gaudo, che corrispondono ad una superficie erosiva fuori dell'area occupata dalle vulcaniti. Sono stati cartografati in questo supersintema tutti i depositi vulcanici messi in posto al di sopra del paleosuolo M18 (LA VOLPE & PRINCIPE, 1989a) ed i depositi epiclastici e clastici rilevati in corpi geologici terrazzati dei bacini idrografici. Il supersintema di Monticchio nel Foglio "Rionero in Vulture" comprende i sintemi di Fosso dello Stroppito e dei Laghi di Monticchio. L'età è riferibile al Pleistocene medio-superiore.

3.2.1. - *Unità vulcaniche*

Nel Foglio "Rionero in Vulture" ricadono solo i depositi di una delle sequenze eruttive emesse da una serie di piccoli centri monogenetici, raggruppati da GIANNANDREA *et alii* (2006a, b) nel sintema di Valle dei Grigi - Fosso del Corbo (affiorante nel contiguo Foglio "Melfi") e in quello dei Laghi di Monticchio. Questi piccoli centri sorsero nell'area del Monte Vulture e nelle sue adiacenze, a seguito di una importante fase deformativa durante la quale l'intera metà meridionale dell'edificio vulcanico di Vulture - San Michele è stata dissecata e collassata da un importante elemento tettonico (la faglia di Valle dei Grigi – Fosso del Corbo). A questo evento tettonico sono stati associati (GIANNANDREA *et alii*, 2006 a, b) i depositi del sintema di Valle dei Grigi - Fosso del Corbo, affioranti nel Foglio "Melfi". Fra questi, un deposito del subsintema di Case Lopes (cfr. Foglio 451 "Melfi") è stato datato a ~500 ka (BUETTNER *et alii*, 2006). Conseguentemente a questo primo evento un ulteriore ribassamento ha avuto luogo nel quarto sud-occidentale del vulcano, dove a seguito degli ultimi eventi eruttivi, datati a 141±11 ka (BUETTNER *et alii*, 2006), si sono formati i due *maar* diatremici dei Laghi di Monticchio

PROGETTO CARG

(Principe & Stoppa, 1994), facenti parte del sintema dei Laghi di Monticchio.

sintema dei Laghi di Monticchio (LGM)

Al limite inferiore del sintema è presente il paleosuolo M18. Dei complessivi cinque centri eruttivi che lo compongono, i cui depositi sono stati suddivisi in altrettanti subsintemi da Giannandrea *et alii* (2006 a, 2006b), affiorano nel Foglio "Rionero in Vulture" solo i depositi del centro di Serra di Bràida, rappresentati da ceneri e lapilli emessi da centri isolati e allineati in direzione N120° e E-O.

subsintema di Serra di Bràida (LGM_5)

Le facies primarie (**LGM_{5va}**) sono costituite da strati di ceneri e lapilli sia massivi (da caduta) che con strutture ondulate ("*surge*", flussi piroclastici diluiti), in strati spessi da 0,40 a 0,90 m, con frammenti di arenaria come componente litica e livelli con concentrazione di "*lapilli tufisitic*i" con al nucleo cristalli di pirosseno ed olivina di origine profonda, che ne denunciano il meccanismo di eruzione diatremica (Principe & Giannandrea, 2002, 2006). A tetto dei depositi vulcanici primari, internamente alla forma craterica e in depositi limitrofi terrazzati, si rilevano conglomerati clasto-sostenuti, a stratificazione incrociata concava (depositi alluvionali), con subordinate sabbie siltose con ciottoli (depositi colluviali) (**LGM_{5b}**). Tra i ciottoli presenti in questa facies persistono i "*lapilli tufisitici*" delle *facies* primarie. Alla base dell'unità si distingue il paleosuolo M18, con uno spessore di 2 m e con resti vegetali al suo interno.

I depositi del subsintema di Serra di Bràida affiorano nelle vicinanze dell'abitato di Ripacandida; lo spessore massimo affiorante è di 4-5 m.

Età: Pleistocene medio *p.p.*-superiore *p.p.*

3.2.2 - *Bacino della Fiumara di Atella e del Fosso dello Stroppito*

In questo bacino, al di sopra delle unità vulcaniche, separati da uno spesso paleosuolo rossastro (M18 in La Volpe & Principe, 1991, 1994), si distinguono tre ordini di terrazzi alluvionali che in queste note sono raggruppati nel sintema del Fosso dello Stroppito.

sintema del Fosso dello Stroppito (SFS)

Comprende tutti i depositi alluvionali terrazzati formati a seguito dello svuotamento del bacino lacustre di Atella. In corrispondenza del limite inferiore è presente uno spesso paleosuolo di colore rosso (M18).

Età: Pleistocene medio-superiore.

PROGETTO CARG

subsintema di Piano di Carda (SFS_1)

Comprende depositi terrazzati del Pleistocene medio ubicati su entrambi i versanti del Fosso dello Stroppito per una vasta area. Si tratta di conglomerati clasto-sostenuti con matrice sabbioso-argillosa di colore rosso bruno con lenti di sabbie grossolane a stratificazione incrociata concava (depositi alluvionali), dello spessore di pochi metri (**SFS_{1b}**). Età: Pleistocene medio *p.p.*

subsintema di Ponte Giulio (SFS_2)

Questa unità terrazzata del Pleistocene medio, che affiora in strette fasce su entrambi i versanti del Fosso dello Stroppito, è costituita da qualche metro di conglomerato matrice-sostenuto massivo e a stratificazione incrociata concava (depositi alluvionali; **SFS_{2b}**). Età: Pleistocene medio *p.p.*

subsintema del Vallone Spaccatornesi (SFS_3)

Questa unità terrazzata, posta poco sopra l'attuale fondovalle, è costituita da un conglomerato massivo, clasto-sostenuto con matrice sabbiosa di colore rosso scuro (depositi fluviali; **SFS_3**); essa si ritrova solo sul bordo occidentale del foglio, su entrambi i versanti del Fosso Spaccatornesi. Lo spessore è di qualche metro. L'età è riferibile al Pleistocene medio *p.p.*-superiore *p.p.*

4. - UNITÀ UBIQUITARIE COMPLETAMENTE FORMATE

Sono inclusi in queste unità tutti i depositi di diversa origine completamente formati, di età compresa fra il Pleistocene superiore e l'Olocene e non compresi in unità formazionali informali distinti per bacino di pertinenza.

Deposito alluvionale (**b_b**)

Rientrano in questa unità i depositi alluvionali del Pleistocene superiore - Olocene presenti nel fondovalle dei fiumi, non più inondabili e delimitati a tetto da una superficie di incisione in cui si è impostato l'attuale fondovalle. I depositi sono costituiti da ghiaie clasto-sostenute, con matrice sabbiosa e intercalazioni di lenti sabbioso-argillose, a stratificazione incrociata concava e obliqua (depositi alluvionali e di conoide alluvionale). Età: Pleistocene superiore - Olocene.

Deposito di frana antica (**a_{1b}**)

Rientrano in questo gruppo tutti i corpi di frana di cui non si riconoscono più le forme e l'area di origine, attualmente in erosione e non relazionati ad alcuna unità sintemica distinta sul foglio. In generale questi depositi sono eterogenei ed eterometrici a struttura caotica con litofacies variabili da argillosa ad ammassi di blocchi con matrice argilloso-sabbiosa. Età: Pleistocene superiore - Olocene.

PROGETTO CARG

Deposito lacustre (**e_2**)

Limi sabbiosi ed argillosi grigio-nerastri molto plastici e ricchi in sostanza organica, con spessore massimo di 10-12 m, affioranti in località Piano del Conte presso Lagopesole. Età: Olocene.

5. - UNITÀ UBIQUITARIE IN FORMAZIONE

Sono comprese in questo gruppo le unità deposizionali oloceniche i cui processi genetici sono ancora potenzialmente attivi.

Detrito di falda (**a_3**)

Questi depositi sono presenti nelle aree di maggiore gradiente topografico. Sono sedimenti costituiti da ghiaie clasto-sostenute, prive di matrice e con stratificazione interna obliqua. In alcuni corpi sono presenti anche grossi blocchi. Età: Olocene.

Coltre eluvio-colluviale (**b_2**)

Questi depositi sono stati cartografati nelle aree di basso morfologico e solo dove lo spessore del deposito superava il metro. Essi sono costituiti da sedimenti fini con clasti di varie dimensioni e forme, sedimentatisi in aree di basso morfologico. Età: Olocene.

Deposito alluvionale attuale (**b_a**)

Sono visibili per uno spessore di qualche metro lungo tutti i principali corsi d'acqua presenti nel foglio. La litologia prevalente è quella ghiaioso-sabbioso-limosa con stratificazione incrociata concava e obliqua attualmente in evoluzione in alveo. Localmente sono presenti anche depositi da conoide alluvionale. Età: Olocene.

Deposito di frana (**a_{1a}**)

Tali depositi si rinvengono diffusamente in tutto il foglio ed in particolare nelle aree in cui prevalgono i terreni di natura argillosa e lungo la Fiumara dell'Arcidiaconata. In questi depositi sono ancora ben distinguibili il corpo di frana, la superficie di movimento e la nicchia di distacco. Il corpo di frana è costituito da depositi eterogenei ed eterometrici a struttura caotica con litofacies variabili da argillosa ad ammassi di blocchi con matrice argilloso-sabbiosa. Lungo la Fiumara di Venosa i corpi di frana sono costituiti da singoli grossi blocchi decametrici franati con movimento rotatorio dai fianchi della valle costituiti dai depositi epiclastici del Bacino di Venosa. Età: Olocene.

Deposito di origine antropica (**h**)

Materiale di riporto di spessore plurimetrico, costituito da frammenti di rocce di diversa dimensione, forma e litologia in matrice sabbioso-argillosa. Età: Attuale.

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

VIII - SISMICITÀ STORICA

1. - INQUADRAMENTO

L'Italia meridionale è tra le regioni più sismiche dell'intero bacino Mediterraneo (Jimènez *et alii*, 2001). L'esame dei terremoti storicamente "avvertiti" in questa zona del Vulture richiede quindi un inquadramento, se pur breve, del distretto territoriale nel più generale contesto dell'Appennino meridionale. Ciò al fine di rendere evidenti le aree sismogenetiche autoctone ed esterne al settore in esame ed influenzanti il regime sismico locale. Sarà effettuata, quindi, una breve analisi del catalogo dei terremoti prescelto (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004). Questo mette in luce tre distinte macroaree dell'Appennino meridionale coincidenti con altrettanti raggruppamenti di epicentri: il Molise, la Campania, la Lucania. Ognuna di queste regioni comprende subsettori con proprie caratteristiche energetiche e trend temporale degli eventi. La Figura 15 dimostra che il Molise, ad esempio, è caratterizzato dal più basso numero di eventi sia per le intensità minori sia per quelle più elevate. La distribuzione dei terremoti in Campania indica, invece, un progressivo aumento relativo passando da eventi di minore intensità verso quelli più forti. Per contro, la Basilicata esprime la maggior frequenza di eventi minori; la sismicità, comunque, tende ad equipararsi a quella della Campania se esaminiamo eventi intermedi (rispetto alla soglia) ed a quella del Molise se consideriamo gli eventi maggiori.

In generale, gli effetti macrosismici dei terremoti dell'Appennino meridionale sono poco attenuati nella direzione appenninica (infatti, le isosiste dei terremoti più energetici, di forma ellittica, risultano allungate in direzione NO-SE) e lungo la direttrice E-O; viceversa, secondo l'orientamento garganico l'energia è più marcatamente dissipata.

Lo studio della geometria dei campi di stress attivi nell'Appennino ha eviden-

ziato che i terremoti avvengono prevalentemente secondo faglie normali, longitudinali alla catena, e subordinatamente lungo faglie trascorrenti, trasversali alla stessa (Ciaranfi *et alii*, 1983; Amato *et alii*, 1993; Azzara *et alii*, 1993; Vannucci *et alii*, 2004).

In particolare, in Basilicata, analisi basate su dati geologico-geofisici hanno consentito di identificare almeno quattro strutture sismogenetiche principali responsabili di terremoti di elevata magnitudo come quello dell'Irpinia-Basilicata del 1980 e quello della Val d'Agri del 1857. Le strutture sismogenetiche responsabili del terremoto del 1851 e di quello del 1930, sono state identificate invece, con differente grado di approssimazione, sulla base di dati di intensità macrosismica (Valensise & Pantosti, 2001). Comunque, l'area del Vulture essendo situata in posizione più esterna rispetto all'asse della catena appenninica, dove preferenzialmente sono concentrate le strutture a più alto potenziale sismogenetico, riflette un grado di sismicità attivo o passivo minore rispetto ai centri appenninici. Questa condizione è riflessa nei comuni ricadenti nel Foglio 452 "Melfi" dove i dati di danneggiamento storico indicano un decremento complessivo degli effetti verso est.

2. - RICOSTRUZIONE DELLA SISMICITÀ DI SITO: CRITERI

In questa nota ci soffermeremo brevemente sui terremoti verificatisi dopo l'anno 1000 per i quali si è risentito, in almeno un comune ricadente nell'area d'interesse, un effetto locale almeno pari al VI MCS (soglia di danno). A tal uopo è stata effettuata un'analisi dell'effetto macrosismico locale basandosi sui seguenti criteri, indicati in ordine preferenziale d'applicazione: *osservazionale diretto*, *osservazionale indiretto*, *analitico*.

Il primo criterio è basato sulla raccolta di informazioni direttamente interessanti il sito in esame. Queste derivano essenzialmente dall'integrazione tra il database macrosismico presente nel Catalogo dei Forti Terremoti - CFT3 (Boschi *et alii*, 2000) e quello DOM 4.1 (Monachesi & Stucchi, 1997).

In caso di indisponibilità del dato diretto è stato adottato il secondo o il terzo criterio. Il criterio osservazionale indiretto consiste nell'associare al sito in esame un valore d'intensità macrosismica pari a quello maggiore registrato nei comuni ricadenti entro un raggio di 5 km. In mancanza anche di questo dato, l'intensità locale è stata determinata sulla base della legge d'attenuazione dell'intensità epicentrale con la distanza proposta da Berardi *et alii* (1990).

PROGETTO CARG

3. - QUADRO SPAZIO-TEMPORALE DEGLI EFFETTI NELL'AREA DEL FOGLIO

Sulla base dei criteri sopra esposti è stata compilata la Tabella 3 che elenca gli effetti storici del danneggiamento nei comuni ricadenti nel Foglio Rionero (v. anche Fig. 16). Effettuando un esame dei singoli eventi si può notare che i terremoti del 1694, 1851 e 1930 sono quelli che hanno maggiormente colpito l'area del Vulture. Ciò può essere desunto sia se effettuiamo un esame spaziale, terremoto per terremoto, del numero dei comuni danneggiati sia temporale, ovvero un'analisi del numero di siti fortemente danneggiati da un evento rispetto al totale dei comuni colpiti da sismi significativi nell'intero arco cronologico esaminato (v. Figg. 17-18).

Il sisma del 05 dicembre 1456, il più forte dell'Italia centro-meridionale, devastò un'area vastissima probabilmente a causa di una somma di effetti derivanti dalla sovrapposizione di più eventi principali collegabili all'attivazione penecontemporanea di più segmenti della struttura sismogenetica (Magri & Molin, 1985a; Meletti e*t alii*, 1988).

L'area più colpita fu quella del Sannio, Matese ed Irpinia. L'estrema propaggine meridionale dell'area mesosismica conosciuta comprende come ultimo distretto geografico proprio l'area del Vulture. Tuttavia, solo per le località di Rapolla e Venosa disponiamo di testimonianze scritte sugli effetti; per gli altri siti è necessario avvalersi, quindi, del criterio analitico di valutazione dell'intensità. Nelle due località le fonti descrivono danni ingenti nel tessuto edificato, anche con crollo di porzione delle case (Magri & Molin, 1984; Figliuolo, 1989).

Circa due secoli e mezzo dopo il devastante sisma del 1456, l'Irpinia e la Basilicata furono nuovamente colpite da un violento terremoto che provocò la distruzione di oltre centoventi località su di un'area di circa 10.000 kmq. La soglia macrosismica del danneggiamento fu raggiunta e superata in diversi paesi della costa tirrenica fino a quella adriatica. L'area lucana più danneggiata fu quella nord-occidentale (Valle del Melandro e del Marmo), ma anche l'intera area del Vulture subì effetti significativi descritti sufficientemente da fonti coeve come il Pacichelli (1695), a sua volta ripreso dal Baratta (1901). In Rapolla, ad esempio, crollarono cento case mentre in Ripacandida ne furono danneggiate quaranta.

Il successivo terremoto del 14 agosto 1851 fu caratterizzato da due violente scosse distanziate temporalmente di circa un'ora l'una dall'altra. L'intensità della scossa principale è stata valutata in IX-X MCS (Mw=6.3) (G.d.L., CPTI, 2004). Complessivamente i due eventi danneggiarono fortemente un'area limitata, ovvero proprio quella gravitante attorno al monte Vulture. Il campo macrosismico evidenzia un allungamento delle isosiste in direzione N-S, con una netta amplificazione del segnale sismico lungo la Valle dell'Ofanto e con un rapido decremento verso S (Branno *et alii*,1985; Magri & Molin, 1985b).

Rispetto al centro geografico del foglio in esame, situato nei pressi di Maschito,

PROGETTO CARG

l'epicentro dell'evento si localizzò a circa 15 km a NO. Nei dieci comuni principali sotto analisi, l'intensità minima registrata fu pari a VI MCS e quella massima a X MCS. Barile, il più danneggiato dell'area in esame, ebbe le case "*tutte crollate, e se qualche muro è paranco in piedi, è crollante*" (Paci, 1853). Danni notevoli si verificarono anche agli edifici pubblici ed ecclesiastici.

Ad un'analisi di carattere generale circa la distribuzione degli effetti macrosismici nella regione, Palmieri & Scacchi (1852) osservano che: "*Prima di tutto pare che il tremuoto siasi fatto sentire con più vigoria sulle formazioni vulcaniche…*". Alla costituzione geologica gli stessi autori imputano la minore energia "rilevata" dall'edificato nei comuni di Ginestra e Ripacandida. Per quest'ultimo paese, a sottolineare il minor danno rispetto agli altri comuni, il Paci (1853) evidenzia come tra le cinque abitazioni crollate due fossero a doppia elevazione.

Rapolla subì danni diffusi in tutto il patrimonio culturale ed effetti maggiori nel tessuto abitativo della parte alta più del paese, presso la quale si aprì una fenditura nel terreno, acuendo gli effetti (Arabia, 1852). Il quadro strutturale compromesso della cattedrale risulta ben evidente dalle vedute pubblicate dal Paci (1853), il cui intero apparato iconografico descrive bene alcuni scenari di danno anche per gli altri comuni.

Danni minori, almeno in termini di vite umane, si ebbero a Venosa dove particolarmente danneggiati furono il Seminario ed il Palazzo vescovile (Arabia, 1852; Palmieri & Scacchi, 1852). Danni lievi furono registrati a Maschito, Palazzo S.Gervasio, Forenza (Omnibus, 27.8.1851, n. 69). A Castel Lagopesole la scossa fu avvertita, come ci ricorda il Lear (1852) attraverso un testimone diretto dell'evento: "*…le scosse furono altrettanto sensibili; ma sebbene la parte più antica fu terribilmente scossa, la parte abitata è uscita quasi indenne*".

Dopo sei anni un altro sisma devastò la Basilicata, specialmente nella sua porzione meridionale, nel "*Vallo di Marsico e dell'Agri, ed in una semicircolar linea di un trenta miglia all'incirca verso borea e a ponente di Marsico stesso*" (Raciopi,1858). Oltre 180 località, distribuite su di un'area di circa 20.000 kmq subirono danni gravissimi da rendere inagibile la maggioranza del patrimonio edilizio. Furono ufficialmente contati 980 morti nella provincia di Potenza e 1.200 in quella di Salerno.

Le devastazioni create dal sisma sul sistema antropico e territoriale furono oggetto della monumentale opera, da cui prende l'avvio la sismologia moderna, pubblicata a Londra dal Mallet nel 1862 con il titolo: *Great Neapolitan Earthquake. The First Principles of Observational Seismology* (Mallet, 1862). L'ingegnere irlandese, nella missione scientifica nelle zone terremotate si recò anche nei paesi del Vulture effettuando numerose osservazioni riguardanti le tipologie di danno in relazione agli aspetti ingegneristico-sismologici, ai caratteri geologico-geomorfologici del territorio e talvolta anche ad aspetti di carattere urbanistico. Riguardo Castel Lagopesole, Mallet osserva che: "*…le sue [del castello] massicce mura di*

PROGETTO CARG

cinta non presentano né crepe né dislocazioni". Il quadro degli effetti in Rionero in Vulture può desumersi, invece, sia attraverso l'analisi diretta delle descrizioni fatte di alcune abitazioni, sia attraverso un'analisi deduttiva delle rilevazioni fatte sul campo dall'ingegnere. Ad esempio, dalle seguenti descrizioni: "*...dalle poche indicazioni relative alla traiettoria che potei ricavare dall'esame delle case…*" e "*...una casa a due piani dall'aspetto massiccio… è crepata in quattro punti* " emerge, nel contesto analitico della descrizione, che un numero limitato di edifici subirono lesioni, qualcuno anche di una certa gravità.

Dopo il disastroso evento tellurico del 1851 che colpì direttamente il Vulture, il 23 luglio 1930 si ebbe un altro violento terremoto il cui epicentro fu prossimo alla zona dell'ex vulcano.

Il terremoto, di intensità epicentrale I_o=X MCS (Mw=6.7) (G.d.L., CPTI, 2004) colpì alle ore 00:08 GMT un'area estesa circa 6.500 kmq e causò i maggiori effetti su di un territorio compreso tra Melfi, che subì gravi danni specie nella porzione meridionale del centro urbano (Gizzi & Masini, 2004), ed Ariano Irpino, causando la morte di 1404 persone (Boschi *et alii*, 2000). L'area epicentrale interessò circa 180 kmq mentre l'elongazione generale di tutto il campo macrosismico fu in direzione appenninica, in accordo con l'orientazione della faglia sismogenetica responsabile dell'evento la cui estensione, pari a 32,6 km, è stata individuata grazie alla buona risoluzione spaziale del campo macrosismico (Valensise & Pantosti, 2001). Il sisma causò numerosi effetti sull'ambiente, come fenomeni franosi, liquefazioni e fratture nel suolo (Spadea *et alii*, 1985; Michetti *et alii*, 2000; Esposito *et alii*, 2001).

Le fonti bibliografico-scientifiche coeve, principalmente riferibili ad Alfano (1931) e Majo (1931) forniscono un prospetto dettagliato dei danni nei centri urbani anche se presentano delle discrepanze numeriche. Infatti, il paese di Barile secondo Alfano (1931) registrò il crollo di 75 case (8% del totale) ed il 100% delle abitazioni fu lesionata, mentre secondo Majo (1931) le case lesionate furono solo il 58% dell'intero abitato. La gravità dei danni subiti dagli altri comuni sono derivabili anche dall'apparato iconografico disponibile in differenti fonti bibliografiche (es.: Freeman, 1930; Galli, 1930, Palestina *et alii*, 1983).

L'analisi delle cause geologiche del danno, come desunte da tecnici coevi all'evento, evidenziarono le relazioni di causa-effetto tra terremoto e danno strutturale alle abitazioni così come mediate dalle caratteristiche geologiche e geologico-tecniche di sito. In particolare, emerse il ruolo svolto da fenomeni franosi, anche incipienti, e dagli effetti degli interventi antropici indiscriminati sul territorio (Gizzi, 2004). Ad esempio, in Rapolla le condizioni di stabilità dell'abitato destavano preoccupazione già prima del sisma. Si ebbero maggiori danni per gli immobili costruiti sul ciglio di strapiombi formati da tufi disarticolati e/o attraversati da diffusi sgrottamenti. Molte case furono fortemente danneggiate perché situate in prossimità delle frane di Santa Sofia e San Giovanni, già mobilizzate nel

PROGETTO GARG

1919. In Ripacandida, invece, non di rado gli edifici più danneggiati erano fondati su terreni con caratteristiche geotecniche diverse; inoltre erano diffusi problemi di erosione dei terreni di fondazione per mancata sistemazione e regimazione delle acque meteoriche, con conseguenti appoggi in falso delle fondazioni.

Nel centro storico di Rionero la distribuzione dei danni fu condizionata dalla presenza di numerose cavità antropiche che, successivamente all'evento, furono consolidate (Gizzi & Masini, 2004) (Fig. 19).

Infine, il sisma irpino del 23 novembre 1980, collegato ad almeno tre sub eventi (Westaway & Jackson, 1987; Bernard & Zollo, 1989; Pantosti & Valensise, 1990; Bernard *et alii*, 1993; Pingue *et alii*, 1993; Westaway, 1993), determinò nell'area in esame effetti locali massimi valutati nel VII MCS (Boschi *et alii*, 2000). Danni di rilievo furono registrati nell'edilizia religiosa (Frattani, 1982; Proietti, 1994).

Riassumendo, l'area in esame, inserita nel contesto sismico dell'Appennino centro-meridionale, ha storicamente subito forti danneggiamenti relativi ad almeno cinque terremoti: 1456, 1694, 1851, 1857, 1930. Comunque, effetti maggiori produssero i terremoti del 1694, quello autoctono del 1851 e quello limitrofo del 1930. Complessivamente, le aree sismogenetiche sono da identificare nella zona beneventano-irpina settentrionale, irpina meridionale, lucana settentrionale e meridionale.

L'analisi dei danneggiamenti storicamente sofferti dai comuni indica che l'area esaminata può essere suddivisa approssimativamente in tre fasce a differente grado di sismicità, decrescente da ovest verso est. Comunque, la storia sismica di sito suggerisce che alla pericolosità legata al contesto sismogenetico regionale può sommarsi quella locale collegata alle caratteristiche geologiche e geologico-tecniche di sito, come reso particolarmente evidente per il terremoto irpino del 23 luglio 1930.

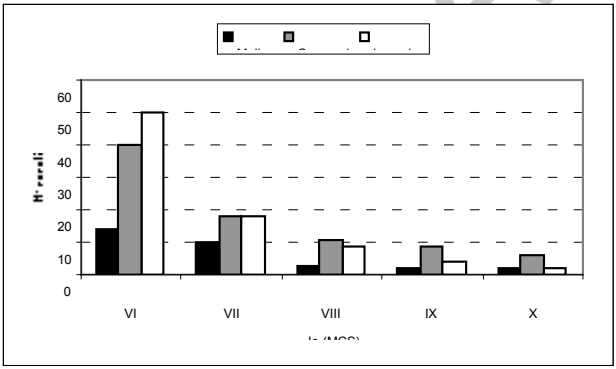


Fig. 15 - *Distribuzione dei terremoti nell'Appennino meridionale per classi di intensità macrosismica (dati da G.d.L., CPTI, 2004).*

PROGETTO ARG

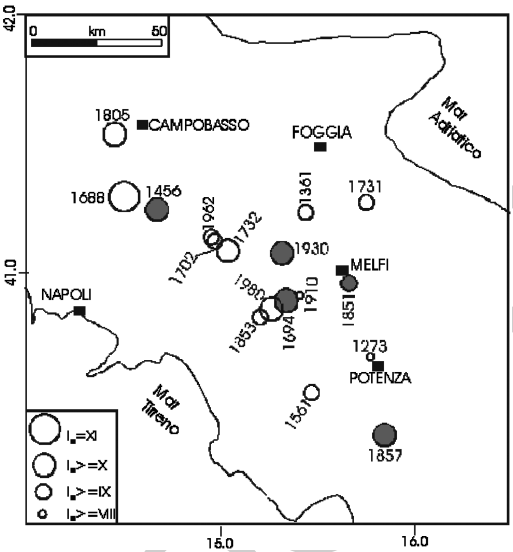


Fig. 16 - *Distribuizione geografica dei principali terremoti dell'Appennino meridionale che hanno prodotto danni nell'area del Vulture. In grigio sono indicati i terremoti che hanno causato i maggiori danni nell'area del Vulture.*

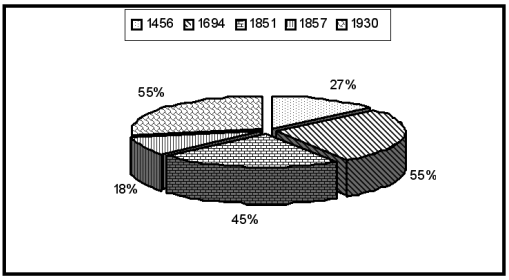


Fig. 17 - *Comuni (foglio in esame) fortemente danneggiati (I_o≥VIII MCS) secondo un esame per singolo terremoto (dati da Tab. 3).*

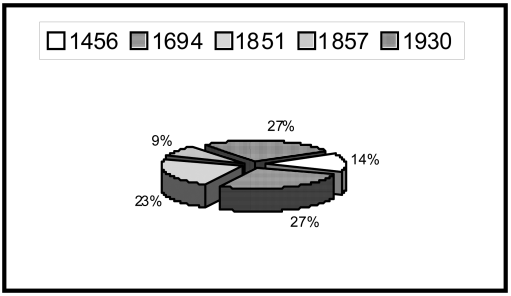


Fig. 18 - *Influenza dei singoli terremoti in rapporto al numero totale dei siti fortemente danneggiati (I_o≥VIII MCS) nell'intero arco cronologico esaminato (dati da Tab. 3).*

PROGETTO CARG

Tab. 3 - *Riepilogo dei principali terremoti avvenuti in Appennino meridionale e che hanno colpito i siti dell'area in esame con un'intensità minima del VI MCS (elaborazione dal catalogo CPTI04-v.testo-). In grassetto gli eventi più significativi. I valori non contrassegnati provengono dall'applicazione della legge di attenuazione (v. testo) oppure da osservazione diretta (*) o indiretta (**). I comuni sono elencati, da sinistra verso destra, in progressione crescente di longitudine. Ciò rende evidente l'attenuazione degli effetti verso est.*
Terremoti: A=Anno; M=Mese; G=Giorno;Io=Intensità epicentrale (x10); Mw=Magnitudo Momento; LAT=Latitudine; LONG=Longitudine. Località: BAR=Barile; RIO=Rionero in Vulture; RAP=Rapone; FIL=Filiano; RIP= Ripacandida; LAG=Castel Lagopesole; GIN=Ginestra;VEN=Venosa; MAS=Maschito; FOR=Forenza; PAL=Palazzo San Gervasio.

			TERREMOTI									LOCALITA'						
A	M	G	EPICENTRO	Io	Mw	LAT	LON	BAR	RIO	RAP	FIL	RIP	LAG	GIN	VEN	MAS	FOR	PAL
1273	0	0	Potenza	85	5,8	40,63	15,80	-	-	-	VI	-	VI	-	-	-	VI	-
1361	7	17	Ascoli Satriano	90	6,1	41,23	15,45	VI	VII-VIII*	VI	-	VI	-	VI	VI	-	-	-
1456	12	5	Molise	100	7,0	41,30	14,71	**IX****	-	**IX***	-	-	-	-	**VIII***	-	-	-
1456	12	5	Beneventano-Irp	100	6,6	41,15	14,87	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	-	-
1561	8	19	Vallo di Diano	95	6,4	40,52	15,48	VI	VI	VI	VI-VII	VI	VI-VII	VI	VI	VI	VI	VI
1688	6	5	Sannio	110	6,7	41,28	14,57	VI-VII	VI-VII	VI-VII	VI-VII	VI-VII	VI-VII	VI-VII	VII-VIII*	VI-VII	VI	VI
1694	9	8	Irpinia-Basilicata	105	6,9	40,88	15,35	**VIII***	**VIII***	**VIII***	VII-VIII	**VIII***	**VIII***	**VIII***	VII*	VII*	VII*	VII
1702	3	14	Beneventano-Irp	95	6,3	41,12	14,98	VI	VI	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
1731	3	20	Foggiano	90	6,3	41,27	15,75	VII*	VII*	VII*	-	VI	-	VI	VI	VI	VI-VII*	VI
1732	11	29	Irpinia	105	6,6	41,08	15,05	VI-VII*	VI-VII*	VI-VII*	VII	VII	VI-VII	VII	VI-VII	VI-VII	VI-VII	VI-VII
1805	7	26	Molise	100	6,6	41,50	14,47	VI**	-	VI*	-	-	-	-	-	-	-	-
1851	8	14	Basilicata	95,0	6,3	40,95	15,67	**X***	**IX***	**IX***	VII-VIII	**VIII***	VI*	VII-VIII*	**VIII***	VI*	VI*	VI*
1853	4	9	Irpinia	90	5,9	40,82	15,22	VI	VI	VI	VI	VI	VI	-	-	-	-	-
1857	12	16	Basilicata	105	7,0	40,35	15,85	**VIII***	VI-VII*	VI*	VII	**IX***	VII	VI*	VII-VIII*	VI*	VI	VI-VII*
1910	6	7	Irpinia-Basilicata	85	5,9	40,90	15,42	VII*	VII*	VII*	VI	VI-VII*	VI	VI-VII*	-	-	-	-
1930	7	23	Irpinia	100	6,7	41,05	15,37	**VIII-IX***	**VIII***	**VIII***	**VIII***	**VIII***	VI*	**VIII***	VII-VIII*	VII*	VI-VII	VII*
1948	8	18	Puglia sett	75	5,6	41,58	15,75	VI*	-	VI*	-	-	-	-	-	-	-	-
1962	8	21	Irpinia	90	6,2	41,13	14,97	-	VI*	VI*	-	-	-	-	VI*	-	-	
1963	2	13	Tito	70	5,3	40,66	15,78	-	-	-	-	VI-VII*	-	-	-	-	-	-
1980	11	23	Irpinia-Basilicata	100	6,9	40,85	15,28	VII	VII*	VII	VII*	VI*	VII*	VI*	VI-VII	VI-VII	V-VI*	VII*

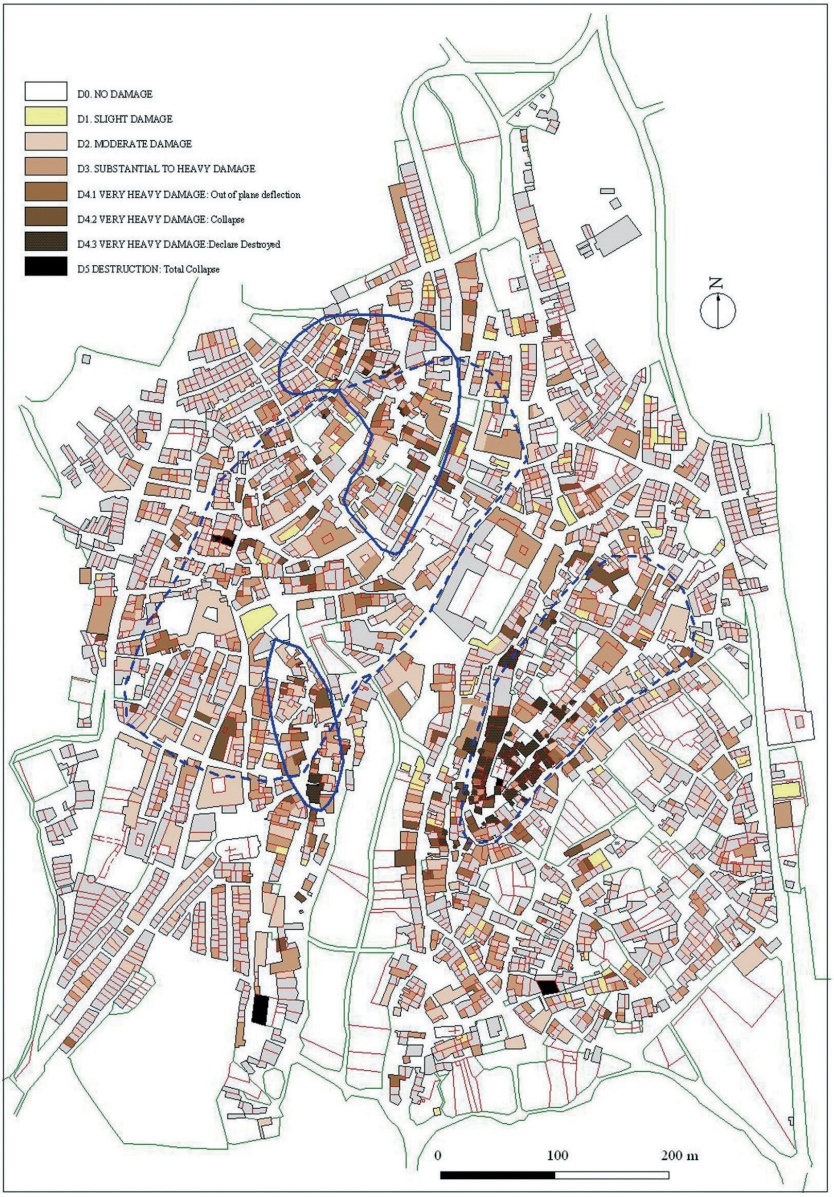


Fig. 19 - *Rionero in Vulture, terremoto del 23 luglio 1930. Distribuzione territoriale del danno effettuata in base ad analisi di fonti archivistico-tecniche. Sono anche indicate le aree che hanno patito i maggior danni in conseguenza del terremoto del 1851 (perimetro con tratto continuo) e 1980 (perimetro con tratto discontinuo) (da* Gizzi & Masini, *2006).*

PROGETTO
CARG

IX - GEOLOGIA APPLICATA, IDROGEOLOGIA E RISORSE NATURALI

1.- CARATTERI IDROGEOLOGICI

Il Foglio "Rionero in Vulture" è caratterizzato da acquiferi a permeabilità primaria ed acquiferi a permeabilità secondaria. I primi sono relativi ai depositi quaternari, quali i depositi alluvionali ghiaiosi, depositi gravitativi, depositi vulcanici, depositi plio-pleistocenici dei bacini intracatena (supersintema della Fiumara di Atella e supersintema di Ariano Irpino) e dell'Avanfossa Bradanica; i secondi sono costituiti dai litotipi delle unità tettoniche meso-cenozoiche della catena appenninica, caratterizzati fondamentalmente da una permeabilità per fratturazione legata alla presenza di sistemi di fratturazione associati a fasce cataclastiche e/o faglie anche di notevole estensione longitudinale.

In corrispondenza di queste ultime si possono formare anche falde acquifere limitate ma con circolazioni idriche sviluppate su notevoli distanze.

Sui litotipi più marcatamente calcarei (**FAE**) le fratture sono ampliate dai fenomeni di dissoluzione che possono talora innescare fenomeni di microcarsismo.

I depositi vulcanici, complessivamente permeabili, sono sede di una estesa circolazione idrica sotterranea, il cui livello di base tamponante è costituito dalle argille del substrato pre-pliocenico ed in parte plio-pleistocenico (**ASP**). Per la diversità dei caratteri granulometrici, tessiturali e di litificazione, i depositi piroclastici presentano un diverso grado di permeabilità (Maggiore & Pagliarulo, 2001), dove il grado più elevato è riscontrabile nei depositi piroclastici di caduta per la loro elevata classazione rispetto ai depositi da flusso concentrato o da flusso diluito (*surge*). All'interno di alcuni strati piroclastici si riscontrano spesso dei paleosuoli argillosi da considerarsi praticamente impermeabili e che separano idraulicamente gli stessi orizzonti piroclastici.

Le acque contenute nei materiali vulcanici alimentano i sottostanti acquiferi

PROGETTO CARG

conglomeratici del ciclo sedimentario regressivo (**GVS**) che a loro volta poggiano stratigraficamente sulla formazione di Monte San Marco (**SBC**).

Alla luce di tali considerazioni generali è stato definito uno schema idrogeologico (Fig. 20) del foglio che prevede la distinzione di sei complessi idrogeologici, definiti in funzione dell'associazione di termini litologici simili e di un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione abbastanza ristretto (Tab. 4).

Tab. 4 - *Distinzione e descrizione dei complessi idrogeologici del Foglio 452 "Rionero in Vulture".*

COMPLESSI IDROLOGICI	UNITÀ GEOLOGICHE	DESCRIZIONE E GRADO DI PERMEABILITÀ
Sabbioso-limoso-ghiaioso (1)	a1a – a_3 – ba – e_2– b_2– a1b– bb – LGM_{vb} – SBL_{2b} – SBL – MV – TLV_{1a}	Alluvioni antiche e recenti, depositi lacustri, detriti di versante, depositi di frana, piroclastiti risedimentate: permeabilità per porosità variabile da bassa a media in relazione alla granulometria dei depositi (10^{-4} >K >10^{-6}). Ove prevalgono i depositi ghiaiosi la permeabilità primaria per porosità è alta (K>10^{-2}).
Travertini (1a)	SMF_{4fl}	Permeabilità alta per porosità e fratturazione (K >10^{-2}).
Piroclastiti e Lave (2)	SMF_3– SBL_1 – SBL_2 – SBL_3 – SBL_4 – FGG_2 – FGG_3 – LGM_{5va}	Lave e prodotti scoriacei: permeabilità medio-alta per porosità e fratturazione (10^{-2}>K>10^{-4}). Materiali piroclastici sciolti e tufi: permeabilità variabile da bassa a media per porosità e per fratturazione per i termini litoidi (10^{-4}>K>10^{-6}).
Argilloso-sabbioso-Conglomeratico (3)	SMF_1 – SFS_1 – FGG_1 – FGG_{3b} – MSI – SFS_2 – FGG – GSV – SBC – ASP – RCD – SFS_3 – TLV_{1b}	Depositi pliocenici e pleistocenici di ambiente marino e di transizione. Permeabilità per porosità variabile da bassa a media in relazione alla granulometria dei depositi (10^{-4} > K > 10^{-6}). I termini prevalentemente argillosi hanno una permeabilità nulla (K >10^{-8}).

PROGETTO CARG

Calcareo-marnoso (4)	FYR – PDO_a – FAE – TLV_2	Depositi flyscioidi; permeabilità alta per fratturazione e carsismo legata ad una marcata prevalenza di termini permeabili ($K>10^{-2}$), dove prevalgono i termini marnosi impermeabili il complesso risulta permeabile per porosità e fratturazione con un grado basso ($10^{-4} > K > 10^{-6}$).
Arenaceo-marnoso Argilloso (5)	AV – FYN – PAA – PDO_b – FAE_a	Depositi flyscioidi; permeabilità bassa o nulla prevalentemente per porosità ($10^{-4}>K>10^{-9}$), medio-bassa per fratturazione diffusa.

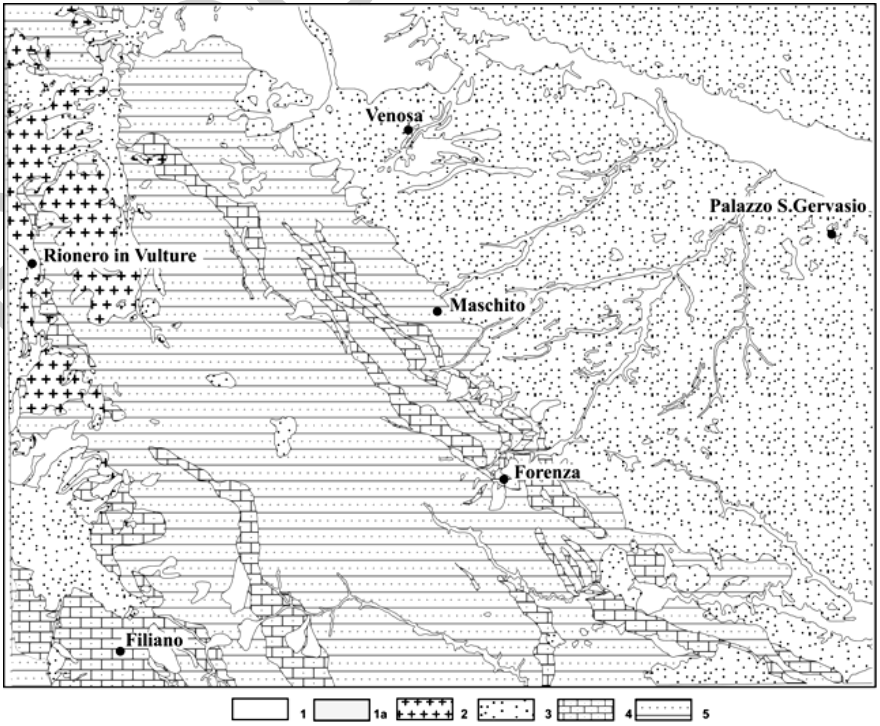


Fig. 20 – *Schema idrogeologico del Foglio 452 "Rionero in Vulture". I tasselli numerati corrispondono ai complessi idrogeologici descritti in Tabella 4.*

PROGETTO

2.- CARATTERI IDROGRAFICI

Il Foglio 452 "Rionero in Vulture" è caratterizzato dalla presenza di porzioni di sottobacini appartenenti a due bacini idrografici principali (Tab. 5): il Bacino dell'Ofanto ed il Bacino del Bradano.

Tab. 5 - *Ripartizione dei sottobacini idrografici ricadenti nel Foglio 452 "Rionero in Vulture".*

Bacino del F. Bradano	Bacino dell'Ofanto
Sottobacino del T. Ginestrello	Sottobacino di Atella
Sottobacino della Fiumarella	Sottobacino del T. Arcidiaconata
Sottobacino del T. Bradanello	Sottobacino della F.ra di Venosa

In generale, le aste fluviali non presentano portate rilevanti tanto che la maggior parte di esse è caratterizzata da regimi stagionali e talora effimeri. Infatti, l'analisi dei dati relativi agli eventi di piena storica registrati nel settore ha appurato che solo in alcuni rari casi (1929, 1951 e 1959) si sono registrati eventi di piena a carattere torrentizio che hanno prodotto diversi danni alle colture ed alle abitazioni.

In particolare, la Fiumara di Atella ha registrato il 22 settembre del 1929 l'ondata di piena più disastrosa, sviluppatasi a breve distanza dalle intense precipitazioni che in quel periodo interessarono l'area (dati progetto CNR-AVI e A.S.P. Fondo Prefettura 1913-1932).

Dati sulla *portata liquida* di alcuni dei principali corsi d'acqua che interessano il foglio sono forniti dal Ministero LL.PP. Servizio Idrografico di Bari (Tab. 6),

Tab. 6 - *Sintesi dei dati di portata liquida per gli affluenti di destra del F. Ofanto.*

Stazioni	Portata media annua l/s o m^3/s	P medie annue mm
F.ra di Venosa 1928-1960 1961-1970	*5,5 - 1.455* *3,71 - 0,97*	666 (1928-1970)
F.ra Atella 1935-1960 1961-1970	*9,3 - 1,47* *8,73 - 1,38*	837 (1935-1970)
T. Arcidiaconata 1952-1960 1961-1970	*7 - 0,87* *4,84 - 0,60*	772 (1952-1970)

PROGETTO CARG

relativamente alle Stazioni di F.ra di Atella - Ponte sotto Atella (1935-1970), F.ra di Venosa- (1928-1970) e T. Arcidiaconata Ponte vecchio Rapolla-Lavello (1952-1970).

Per quanto concerne invece i dati sulla *portata solida*, una prima valutazione comparativa tra la F.ra di Venosa e il T. Arcidiaconata viene proposta da Cotecchia & Lonoce (1963) che evidenziano su sette anni di osservazione (1953-1960) un maggiore apporto solido della F.ra di Venosa.

Tale posizione è rivista da Balacco *et alii* (2004) che, basandosi su un periodo di osservazione più lungo (1957-1985) dei parametri misurati in corrispondenza delle stazioni torbiometriche e idrometriche di Ponte S. Angelo e Ponte vecchio, hanno evidenziato un maggior apporto solido del T. Arcidiaconata rispetto alla F.ra di Venosa (Fig. 21).

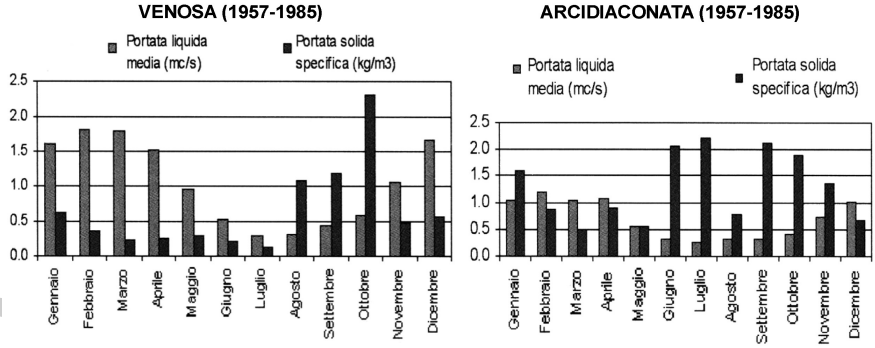


Fig. 21 – *Confronto dei dati di portata solida tra la Fiumara di Venosa ed il T. Arcidiaconata, affluenti di destra del F. Ofanto.*

3. - ASPETTI CLIMATICI

Al fine di definire le condizioni climatiche del settore esaminato sono stati considerati ed analizzati i dati pluviometrici del Servizio Idrografico Nazionale relativi alle stazioni di Atella, Melfi, Forenza, Ripacandida, Castel Lagopesole, Venosa e Palazzo S.G., relativamente al periodo di osservazione 1921-1950 (Tab. 7).

Dall'analisi dei dati emerge una piovosità media annua di 687 mm. Tale regime pluviometrico è quello tipico di un clima mediterraneo con un periodo più piovoso invernale ed uno più secco estivo con le precipitazioni minime registrate nei mesi di Luglio ed Agosto. Per la stazione di Palazzo S. Gervasio i dati consultati sono relativi al periodo 1921-1980 (Caloiero *et alii* 1993) con un dato di piovosità (632 mm/a) leggermente superiore al trentennio 1921-1950.

Tab. 7 - *Dati di piovosità relativi alle stazioni del Foglio 452 "Rionero in Vulture" calcolati per il trentennio 1921-1950.*

STAZIONI	PERIODO DI OSSERVAZIONE	PIOVOSITÀ mm
Castel Lagopesole	1921 -- 1950	715
Atella	1921 -- 1950	678
Forenza	1921 -- 1950	733
Venosa	1921 -- 1950	619
Ripacandida	1921 -- 1950	688
Melfi	1921 -- 1950	775
Palazzo S. Gervasio	1921 -- 1950	602

4.- RISORSE RINNOVABILI

4.1. - Sorgenti

L'area del foglio è caratterizzata da un elevato numero di sorgenti di acqua dolce (Fig. 22) di cui alcune, soprattutto nel settore occidentale del foglio, mineralizzate a CO_2 con regime perenne e portate elevate tali da essere commercializzate e, in alcuni casi, utilizzate ad uso idropotabile per l'alimentazione idrica di alcuni centri abitati.

La distribuzione delle sorgenti è concentrata in corrispondenza dei contatti litologici tra le vulcaniti a diverso grado di permeabilità o in corrispondenza del contatto fra il substrato sedimentario impermeabile e le sovrastanti vulcaniti permeabili (sorgenti per limite di permeabilità).

Alcune sorgenti sono, invece, legate anche alla presenza di contatti tettonici o faglie (sorgenti per soglia di permeabilità sovrimposta o sottoposta; Celico, 1990).

Infine, la presenza di sorgenti a quote elevate è dovuta alle variazioni verticali di permeabilità all'interno dei depositi vulcanici ed all'affioramento della piezometrica.

Le acque minerali di quest'area sono fondamentalmente distinguibili in due gruppi principali (Reina, 1969; Petrone, 1971; Lazzari, 1978; Fidelibus *et alii*, 1981; Baldassarre, 1992; Barbieri & Morotti, 2003): acque bicarbonato-al-

PROGETTO CARG

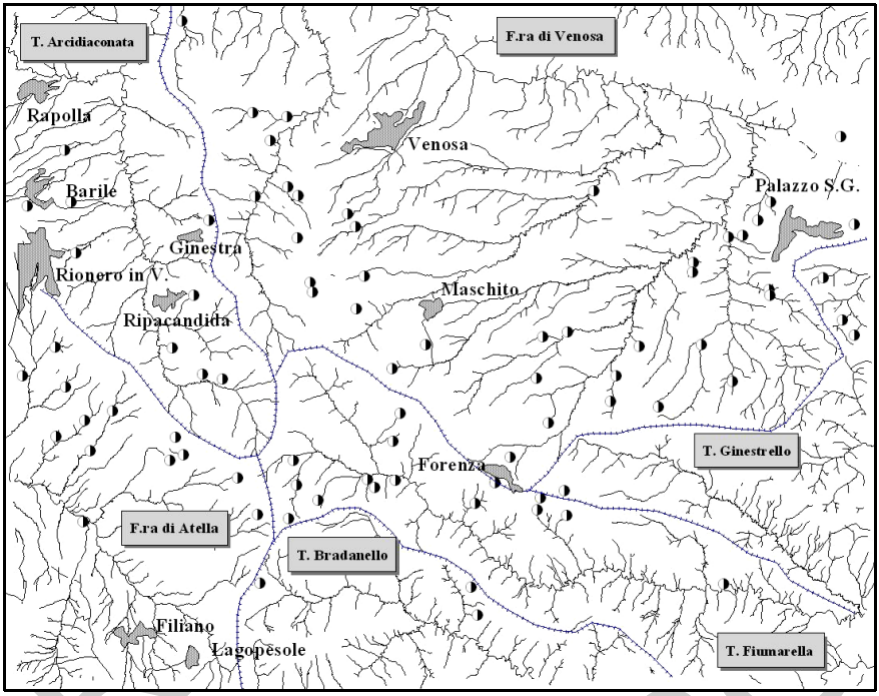


Fig. 22 - *Distribuzione delle principali sorgenti nell'ambito dei diversi bacini idrografici ricadenti nel Foglio 452 "Rionero in Vulture".*

caline ricche in sodio e potassio, utilizzate come acque da tavola, antiuriche e antidispeptiche, ed acque bicarbonato-alcalino-terrose ricche in calcio e magnesio.

In particolare, tra le sorgenti minerali merita giusta attenzione la sorgente "*La Francesca*", che nei primi anni di emungimento era caratterizzata da portate >70-80 l/sec. (Ciet & Tazioli, 1981).

La sorgente "*La Francesca*" è una delle sorgenti più importanti del sistema idrogeologico del Monte Vulture essendo ad oggi caratterizzata da una portata di 40 l/s medi annui. Tale sorgente, captata dall'Acquedotto Pugliese con galleria drenante, è ubicata lungo il settore orientale del bacino di Atella ed è classificabile come una sorgente per limite di permeabilità definito (Celico, 1990) ed alimenta i centri urbani alle pendici del Monte Vulture, con una portata media di 55 l/s lungo un fronte sorgivo di circa 60 m a ridosso di una parete di tufo vulcanico.

In Tabella 8 sono riportate le misure delle portate mensili della sorgente valutate per il periodo di osservazione 1975-1999.

Dall'analisi di tali dati emerge una costante diminuzione della portata annua della sorgente e del suo valore medio probabilmente imputabili alle interferenze

Tab. 8 - *Sintesi dei dati di portata della sorgente La Francesca dal 1975 al 1990.*

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1975	90	90	90	90	90	90	89	88	81	81	85	88
1976	88	88	89	90	90	90	90	89	88	87	88	90
1977	90	90	89	88	86	84	82	82	82	81	81	81
1978	81	82	82	83	83	83	82	82	82	82	80	80
1979	80	82	84	82	82	80	80	80	80	80	80	81
1980	83	83	83	83	84	84	84	83	82	82	81	81
1981	82	82	83	83	82	82	81	81	81	81	81	81
1982	80	77	76	76	78	78	75	73	73	73	73	71
1983	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
1984	74	75	75	75	75	75	73	73	73	73	73	73
1985	72	72	72	74	76	76	76	76	76	76	76	75
1986	74	74	74	74	74	75	75	75	75	75	75	75
1987	74	74	74	74	74	74	74	72	70	70	70	70
1988	70	70	72	70	69	69	69	69	69	69	69	68
1989	68	68	68	68	65	64	64	64	62	60	56	56
1990	57	56	53	53	54	54	54	54	51	52	56	59
1991	58	57	54	57	55	52	51	51	51	51	51	49
1992	50	49	49	49	49	50	49	49	49	52	52	52
1993	51	50	49	46	45	44	43	42	42	42	44	47
1994	48	49	48	48	48	46	45	44	43	43	43	43
1995	44	44	44	45	44	43	42	42	42	43	44	44
1996	44	45	45	44	43	42	41	39	39	39	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	42	42	42	43	44	44
1998	45	45	44	44	44	44	-	39	40	40	42	43
1999	45	45	44	43	44	42	40	40	40	-	-	-

PROGETTO GAIA

tra la sorgente stessa e le opere di captazione dinamica (notevole numero di pozzi di emungimento sia orizzontali che verticali) derivate nel corso degli anni nelle sue immediate vicinanze.

Oltre alla fonte "*La Francesca*", nella medesima località sono presenti numerose altre fonti commercializzate, tra cui meritano di essere menzionate la Fonte Itala, Cutolo, Traficante e Visciolo, tutte ubicate tra i 475 ed i 490 metri s.l.m. e captate fin dal 1950. Tali sorgenti, caratterizzate da acque con alte concentrazioni di anidride carbonica (oltre 450 mg/l), sono determinate da una soglia di permeabilità sottoposta tra i terreni vulcanici ed il substrato sedimentario (Baldassarre, 1992).

Tra le sorgenti dell'area del Vulture sono da segnalare anche le Terme di Rapolla che scaturiscono in località Orto del Lago in corrispondenza del contatto tra vulcaniti e flysch argilloso-marnoso. Sono caratterizzate da portate modeste < 1-2 l/s, da un sensibile contenuto in ferro e temperature comprese tra i 15° e 18° (Ciet & Tazioli, 1981; Maggiore & Pagliarulo, 2001). Tali acque, scoperte nel 1909 ed utilizzate per scopi terapeutici dal 1969, sono classificabili come bicarbonatico-alcaline, e pur non essendo gassate presentano un residuo salino totale molto elevato (Reina, 1969). Per quanto concerne le temperature delle acque, in generale esse variano da 13°-14° nel settore centro-orientale del Foglio a 15°-17° nel settore occidentale alle pendici del Monte Vulture.

Le sorgenti dell'area di Palazzo San Gervasio scaturiscono ai piedi di due piccoli rilievi, Serra S. Biagio e Serritelli, tra cui si sviluppa la Valle Scita ed a nord di quest'ultima in località Piano di Palazzo. Tali emergenze sorgive sono legate alla soglia di permeabilità definita, rispettivamente, tra **GVS** e **SBC** e tra **SBL** e **GVS**. Tra le sorgenti presenti in questo settore quella denominata *Fontana Fico*, ubicata a circa 410 m s.l.m., è certamente la più importante essendo caratterizzata da una portata media annua > di 1,5 l/sec. Le altre sorgenti dell'area di Palazzo (Fontana Rotta, Pilone D'Errico) e più a sud nel Comune di Acerenza, Banzi (Pilone dei Conconi) e Forenza (Mass. Accio e Mass. Zaccaria) hanno portate ≤ di 0,6 l/sec (Ministero LL.PP., 1937; Baldassarre & Radina, 1971).

Nella porzione meridionale del foglio, tra il Comune di Avigliano, località Castel Lagopesole ed i Comuni di Forenza ed Acerenza, erano presenti, almeno fino ai primi decenni del 1900, alcune sorgenti perenni con una portata anche superiore al l/sec (Fonte Inforcatura, Fonte S. Antonio, Fonte del Capo Tauro; Ministero LL.PP., 1937) che ad oggi risultano estinte.

Una nota di riguardo va indirizzata alle emergenze sorgive dell'area di Castel Lagopesole. Qui, in corrispondenza di un ripiano morfologico denominato Piano del Conte, spartiacque tra la Fiumara di Atella ed il Fiume Bradano, risiedeva fino ai primi anni '30 del secolo scorso il *Lago Pesole,* da cui si sviluppavano le prime diramazioni fluviali del F. Bradano.

La storia di questo lago, già proprietà della famiglia Doria Pamphilj, citato in

PROGETTO CARG

diverse fonti storiche e documenti del 1200 (Fortunato, 1902) e riportato nelle cartografie storiche del 1600 e 1800, è terminata con la bonifica del territorio avvenuta in epoca fascista. La sua natura è appunto legata all'emergenza della falda freatica con vistose scaturigini sorgive ben descritte tra l'altro dai botanici Gussone e Tenore nel 1838 (Ciarallo & Capaldo, 1995).

5. - RISORSE NON RINNOVABILI

5.1. - Manifestazioni metanifere e gassose

Le prime informazioni circa alcune manifestazioni metanifere sono riportate nelle Note Illustrative del Foglio 187 "Melfi" alla scala 1:100000 (Redini, 1971) in cui si cita il versante a NNE della Croce del Monaco, ad ovest di Ripacandida, dove nel corso dell'escavazione profonda di gallerie da parte dell'Acquedotto Pugliese furono rilevate manifestazioni metanifere che causarono ustioni ed esplosioni, e la zona del Cerrigno a SO di Venosa.

Altre manifestazioni gassose a H_2S e CO_2 sono state segnalate sempre nelle Note Illustrative del Foglio 187 "Melfi" presso Maschito, in località Macchiarotonda - Acqua Fetente e Fornelli (Barazzuoli & Moretti, 1987) che appunto prende il nome dal caratteristico odore delle acque solfuree, e presso la Chiesa di Montalto a SO di Venosa.

5.2 - Cave

Numerose cave per inerti e pietra da taglio sono coltivate in corrispondenza di depositi calcarenitici, brecciole e calciruditi della formazione di Serra Palazzo (**PAA**) affioranti lungo la strada tra Ripacandida e Venosa e la strada tra Forenza, Maschito e Venosa, oltre che ad O di Venosa in località Toppo di Mosca. Molto diffuse, soprattutto nel settore occidentale del foglio (Barile, Rionero in Vulture e Rapolla), sono le cave in depositi piroclastici e lavici, anch'essi utilizzati come materiali decorativi, da costruzione e per rilevati stradali.

PROGETTO CARG

ABSTRACT

The area of Foglio 452 “Rionero in Vulture”, Carta Geologica d’Italia 1:50.000, is located in the northeastern part of Basilicata region (southern Italy), in between the front of the southern Apennines and the Bradano trough. The sheet includes the easternmost portion of the Monte Vulture, a major volcano of the italian peninsula.

The southern Apennines are a NW-SE collisional belt verging easternwards and formed during Neogene to Quaternary times. They include carbonate rocks, oceanic to quasi-oceanic deposits and Tertiary siliciclastic rocks, characterized by a complex tectonic structure, with estensive duplexes, long and flat displacement of the duplex-toe, relevant out-of-sequence thrusts, strike-slip and extensional faulting. The southern Apennines support, as a composite terrane accreted on its back, a prominent piece of the former Alpine chain to the W, represented by the metamorphic units of Calabria and Peloritani Mts.

The outer front of the southern Apennines chain in Basilicata is delimited inland by the Bradano trough that separates it from the Puglia tableland (a calcareous foreland region). The Bradano trough is filled by a marine-continental Plio-Quaternary clastic succession, partly involved in the deformation of the chain, and consists of three major sedimentary sequences separated by angular unconformities. The frontal part of the Apennine thrust belt is tectonically interbedded to the Late Pliocene-Early Pleistocene deposits of the Bradano trough.

Monte Vulture is a Quaternary complex strato-volcano with several eccentric eruptive centres, lying in the outer (eastern) part of the Apennine chain, along the strike-slip Vulture Line and in a graben-like structure filled with Plio-Pleistocene conglomerates.

Foglio 452 “Rionero in Vulture” comprises comparable amounts of allochtonous mesozoic terrains of the Apennine chain and of regressive marine to continental Quaternary clastic successions of the Bradano trough to the NE. Scattered Pliocene marine deposits of intrachain basins unconformably lie on the more external thrusts and crop out mainly in the southeastern sector of Foglio 452. The latter comprises also Quaternary terraced alluvial deposits and volcanic products of Mt. Vulture that largely occur in the western area and in the adjacent Foglio 451 “Melfi”.

The allochtonous terrains of the Apennine chain occupy the southwestern area of Foglio 452. Their overall stratigraphic succession shows at the base the Cretaceous-Early Miocene Argille Variegate Group, chaotic varicoloured clays of uncertain paleogeographic domain. Some authors suggest that they have been deposited along the axial part of the Lagonegro Basin, where they pass laterally and upwards to the Flysch Rosso calcarenites and argillites (Late Cenomanian - Oligocene) deposited on the margin of the same basin, to the Paola Doce Formation turbiditic calcarenites and pelagic marls (Aquitanian-Burdigalian) and to the Flysch Numidico quarzarenites (Burdigalian).

PROGETTO CARG

The Serravallian silicoclastic turbidites of Serra Palazzo Formation lie upwards in stratigraphic continuity. They occur mainly in the more internal parts of Foglio 452 and eastwards are etheropic with the carbonatoclastic sediments of the Faeto Flysch, locally in contact with the Bradano trough deposits. Discontinuous portions of the Serravallian-Tortonian Marne Argillose del Toppo Capuana Formation lie on both Serra Palazzo and Faeto Flysch Formations, but they do not crop out in the study area. The described units form the so-called "external flysch".

The overall succession has been folded and thrusted eastwards by compressional tectonics responsible of the Apennines building. The folds and the middle-low-angle thrusts formed during the middle-late Miocene, have been later affected by strike-slip and extensional tectonics, with the formation of structural highs and troughs. Since early Pleistocene N120° and N50° left-lateral strike-slip faults have dissected the chain front forming intrachain basins. The most recent faults of the axial zone of the chain are high-angle normal faults active since middle Pleistocene and related to the opening of the southern Tyrrhenian Sea.

In the area of Foglio 452 the allochtonous terrains are organized in three tectonic units trending NW-SE and verging to NE. From the top they are:

- Groppa d'Anzi tectonic unit: comprises the tectonic sub-units of Torrente Rifezze and of Sassano – Monte Mattina, consisting of dominantly clayey Meso-Cenozoic successions;
- San Chirico tectonic unit: comprises the Flysch Rosso, Flysch Numidico e Serra Palazzo formations;
- Daunia tectonic unit: comprises the Faeto Flysch.

The tectonic subunit of Torrente Rifezze crops out in the SW corner of Foglio 452 and consists of the Argille Variegate Group.

The tectonic subunit of Sassano-Monte Mattina, cropping out in the SW part of Foglio 452, is a stratigraphically continuous succession of the upper Cenomanian to Burdigalian terrains of the Flysch Rosso, Paola Doce and Flysch Numidico formations.

The San Chirico tectonic unit comprises Cenomanian to Serravallian terrains of the chain represented by the Flysch Rosso, Flysch Numidico and Serra Palazzo Formation, and crops out extensively in the SW sector of the sheet.

The Daunia tectonic unit coincides with the Langhian-Serravallian Faeto Flysch. It is geometrically the lowest unit and occupies the frontal part of the chain.

On the chain front these deformed Mesocenozoic terrains are unconformably overlain by the Plio-Pleistocene clastic infill of thrust-top basins, lately translated and deformed by compressional, transtensional and extensional tectonics. Two supersynthems have been recognized: the Fiumara Atella supersynthem, subdivided into the Ripacandida synthem and Monte Sirico synthem, and the Ariano Irpino supersynthem comprising the Tolve synthem and the Acerenza and Potenza synthems.

PROGETTO CARG

The Ripacandida synthem consists of upper Pliocene (?) massive poligenic conglomerates unconformably lying on the San Chirico tectonic unit on the axial part of the chain.

The Monte Sirino synthem includes upper Pliocene - lower Pleistocene (?) alluvial-fan coarse conglomerates cropping out locally on the western margin of Foglio 452.

The Tolve synthem comprises the Potenza and Acerenza subsynthems, including lower to upper Pliocene conglomerates, sands and muds of marine to alluvial depositional systems. These deposits are unconformably overlain by the Mt. Vulture volcanic units.

The regressive Pleistocene clastic deposits of the Bradano trough extensively occur in the NE part of Foglio 452. They comprise the Argille subappennine and the Monte San Marco formations, and the Palazzo San Gervasio synthem, characterized by marine, transitional and continental depositional systems prograding to the NE and the SE and recording the closure of the so-called "Bradano cycle". From bottom to top the Argille subappenine Formation consists of lower Pleistocene offshore blue-gray clays cropping out extensively in the SE of the study area and N of Venosa. They pass upwards and laterally to the lower Pleistocene shoreface sands of Monte San Marco Formation (previously called Monte Marano Sands), cropping out in the central-eastern part of Foglio 452.

These sands are unconformably overlain by the Palazzo San Gervasio synthem, previously defined in the literature as Conglomerato di Irsina Formation. It comprises lower-middle Pleistocene conglomerates with minor sands cropping out in the central-eastern part of Foglio 452. Facies characteristics suggest fluvial braided channels evolving basinwards to prograding foresetted deltaic deposits. The downward shifting stratigraphic architecture is the result of the interference of high-frequence relative sea-level changes with tectonic uplift pulses, that give rise to a series of diachronous coastal prisms or subsynthems, characterized by a marked progradation.

The Pleistocene units of Mt. Vulture volcano and of the related sedimentary basins are the same of the adjacent Foglio 451 Melfi:

Mt. Vulture supersynthem: comprises the volcanic and epiclastic deposits of the Foggianello, Barile, Melfi synthems and related subsynthems. Its base coincides with the volcano base, an erosional surface cutting the Quaternary succession of the Bradano trough, that laterally passes to a paleosoil. Its top is represented by the M18 paleosoil. The deposits of Mt. Vulture supersynthem occur near Venosa and on the conglomerates of Palazzo San Gervasio synthem.

Monticchio supersynthem: comprises the middle-upper Pleistocene volcanic units emplaced on paleosoil M18 (Laghi di Monticchio synthem and Serra di Braida subsynthem), and the epiclastic and clastic terraced deposits of the hydrographic basins of Atella and Fosso dello Stroppito (Fosso dello Stroppito synthem and related subsynthems).

PROGETTO CARG

BIBLIOGRAFIA

Abbate E., Cassinis G., Castradori D., Catalano R., Cita M.B., Conti M.A., Cresta S., Gaetani M., Pampaloni L., Orombelli G., Parotto M., Pavia G., Premoli Silva I., Rio D., Simone L., Sprovieri R. & Vai G.B. (2002) - *Quaternary chronostratigraphy and the establishment of related standards*. Episodes, **25**: 264-267.

Alfano G. B. (1931) - *Il terremoto irpino del 23 luglio 1930*. Pubblicazione dell'Osservatorio di Pompei: 57 pp.

Amato A. (2000) - *Estimating Pleistocene tectonic uplift rates in the Southeastern Apennines (Italy) from erosional land surfaces and marine terraces.* In: Slaymaker, O. (Ed.), Geomorphology, Human Activity and Global Environmental Change. Wiley & Sons, New York, pp. 67-87.

Amato A., Alessandrini B., Cimini G., Frepoli A. & Selvaggi G. (1993) - *Active and remnant subducted slabs beneath Italy: evidence from seismic tomography and seismicity.* Ann. di Geof. **36**: 201-214.

Amato A. & Cinque A. (1999) - *Erosional landsurfaces of the Campano-Lucano Apennines (S. Italy): genesis, evolution, and tectonic implication*. Tectonophysics, **315**: 251-267.

Amato A., Cinque A. & Santangelo N. (1995) - *Il controllo della struttura e della tettonica plio-quaternaria sull'evoluzione del reticolo idrografico dell'Appennino meridionale*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. **1995/2**: 23-30.

Amato A. & Montone P. (1997) - *Present-day field and active tectonics in southern peninsular Italy*. Geophys. J. Int., **130**: 519-534.

Amato A. & Selvaggi G. (1993) - Aftershock location and P-velocity structure in the epicentral region of the 1980 Irpinia earthquake. Ann. Geof., **36**: 3-15.

Amodio L. & Hieke Merlin O. (1966) - I proietti inclusi nelle piroclastiti del Monte Vulture (Lucania). Mem. Ist. Geol. Mineral. Un. Padova, XXV, pp.48.

Amodio-Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin-Lorenzoni E. & Zuppetta A. (1976) - *L'Arco Calabro-Peloritano nell'orogene Appenninico-Maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., **17**: 1-60.

Arabia F.S. (1852) - *Relazione storica del tremuoto di Basilicata nell'anno 1851 (letta nella tornata del 14 dicembre dell'Accademia Pontaniana*). Napoli, 28 pp.

Ascione A., Cinque A. & Tozzi M. (1992) – *La valle del Tanagro (Campania): una depressione strutturale ad evoluzione complessa*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. **1992/1**: 209-219.

Ascione A. & Romano P. (1999) - *Vertical movements on the eastern margin of the Tyrrhenian extensional basin. New data from Mt. Bulgheria (Southern Apennines, Italy)*. Tectonophysics, **315**: 337-356.

Azzara A., Basili A., Beranzoli L., Chiarabba C., Di Giovambattista R. & Selvaggio G. (1993)- *The seismic sequence of Potenza (May 1990).* Ann. di Geof., **36** (1): 237-243.

Azzaroli A., Perno U. & Radina B. (1968) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia: F° 188, "Gravina di Puglia".* Serv. Geol. It., 57 pp.

Balacco G., Di Santo A., Fratino U. & Piccini F. (2004) - *Valutazione dell'erosione idrica potenziale a diverse scale di applicazione*. In: Processo d'interrimento degli invasi: genesi, effetti ed interventi per la tutela dell'ambiente, a cura di Molino B. & Vita M., Coll. Ed. Studi e Ricerche Aut. Bac. Basilicata, **4**: 69-88.

Baldassarre G. (1992) - *Itinerari alle acque minerali nel Vulture-Melfese.* Ed. Studio di Progetti educativi, Melfi – Finiguerra Arti Grafiche.

Baldassarre G. & Radina B. (1971) - *Sorgenti di una parte del medio bacino del Fiume Bradano.* Geol. Appl. Idrogeol., **VI**: 137-159.

Baratta M. (1901)- *I terremoti d'Italia. Saggio di storia, geografia e bibliografia sismica italiana (ristampa anastatica,Sala Bolognese 1979).*Torino: 950 pp.

Barazzuoli P. & Moretti A. (1987) - *Carta delle risorse del sottosuolo e delle principali componenti*

PROGETTO CARG

del paesaggio fisico della Basilicata. Centro di Geomorfologia Integrata per l'area del Mediterraneo (Potenza).

Barbieri M. & Morotti M. (2003) - *Hydrogeochemistry and strontium isotopes of springs and mineral waters from Monte Vulture volcano, Italy.* Appl. Geochemistry, **18**:117-125.

Beccaluva L., Coltorti M., Di Girolamo P., Melluso L., Milani L., Morra V. & Siena E. (2002) - *Petrogenesis and evolution of Mt. Vulture alkaline volcanism (Southern Italy)*. Mineralogy and Petrology, **74** (2-4): 277-297.

Beneduce P. & Schiattarella M. (1997) - *Relazioni tra tettonica regionale quaternaria e deformazione vulcanogenica nelle aree dei Campi Flegrei, Isola di Ustica e Monte Vulture (Italia meridionale)*. Il Quaternario, **10**: 583-588.

Berardi R., Magri L. & Mucciarelli M. (1990)- *Do different experts and computer programs agree on the interpretation of the same intensity map*. Prooceedings of XII General Assembly. Generalitat de Catalunya, I: 371-376.

Bernard P. & Zollo A. (1989)- *The Irpinia (Italy) 1980 earthquake: detailed analysis of a complex normal fault.* J. Geophys. Res., **94**: 1631-1648.

Bernard P., Zollo A., Cezar-Ioan Trifu & André H. (1993)- *Details of the rupture kinematics and mechanism of the 1980 Irpinia earthquake: new results and remaining question*, in *Proceedings of the "Irpinia Dieci Anni Dopo" Meeting, Sorrento, Italy, 19-24 November 1990.* Ann. Geof. **36** (1): 71-80.

Bindi L., Cellai D., Melluso L., Conticelli S., Morra V. & Menchetti S. (1999) - *Crystal chemistry of clinopyroxene from alkaline undersaturated rocks of the Monte Vulture Volcano, Italy*. LITHOS, **46**: 259-274.

Boccaletti M., Nicolich R. & Tortorici L. (1984) - *The Calabrian Arc and the Ionian Sea in the dynamic evolution of the Central Mediterranean.* Mar. Geol., **55**: 219-245.

Boenzi F., La Volpe L. & Rapisardi L. (1987) - *Evoluzione geomorfologica del complesso vulcanico del Monte Vulture (Basilicata)*. Boll Soc Geol It, **106**: 673-682.

Boenzi F. & Pennetta L. (1980) – *Le precipitazioni nel Bacino Idrografico dell'Ofanto.* Mem. Ist. Geografia Univ. Bari, Tip. Fratelli Zonno Bari, **9**: 3-56.

Boiano U., Critelli S., Loiacono F., Pescatore T. & Sbarra R. (1994) - *Le successioni terrigene esterne dell'Appennino lucano*. Guida alle escursioni. Congresso Soc. Geol. It., Bari, Quaderni Bibl. Prov. Matera, **15**: 157 - 201.

Bonadonna F.P., Brocchini D., Laurenzi M.A., Principe C. & Ferrara G. (1998) - *Stratigraphical and chronological correlations between Monte Vulture volcanics and sedimentary deposits of the Venosa basin*. Quaternary International, **47**: 87-96.

Bonardi G., Amore F.O., Ciampo G., de Capoa P., Miconnet P. & Perrone V. (1988) - *Il Complesso Liguride Auct.: stato delle conoscenze e problemi aperti sulla sua evoluzione pre-appenninica ed i suoi rapporti con l'Arco Calabro*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 17-35.

Bonardi G., Ciampo G. & Perrone, V. (1985) - *La Formazione di Albidona nell'Appennino calabro-lucano.* Boll. Soc. Geol. It., **104**: 539-549.

Boschi E., Gasperini P., Valensise G., Camassi R., Castelli V., Stucchi M., Rebez A., Monachesi G., Barbano M.S., Albini P., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A . & Molin D. (1999) - *Catalogo parametrico dei terremoti italiani* Editrice Compositori, Bologna, 88 pp.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise G. & Gasperini P. (2000) - *Catalogue of strong Italian earthquakes from 461 B.C. to 1997.* Annali di Geofisica, **43**: 868 pp.

Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Rosskopf C., Russo F., Santangelo N. & Santo A. (1991) - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the southern Apennines (Region of Naples, Italy)*. Zeitschrift für Geomorphologie, Suppl-Bd. **82**: 47-58.

Branno, A., Esposito E., Luongo G., Marturano A., Porfido S. & Rinaldis V. (1985) - *Il terremoto del Vulture del 14 Agosto 1851*. Atti del 4° Convegno G.N.G.T.S: 329-336.

Brocchi G.B. (1917) - *Catalogo ragionato di una raccolta di rocce*. Imperiale Regia Stamperia, Milano, pp.346

PROGETTO CARG

Brocchini D., La Volpe L., Laurenzi M.A. & Principe C. (1994) - *Storia evolutiva del Monte Vulture*. Plinius, **12**: 22-25.

Buettner , A., Principe, C., Villa, I.M. & Brocchini, D. (2006) – *Geocronologia ^{39}Ar – ^{40}Ar del Monte Vulture.* In: Principe C. (a cura di), *La geologia del Monte Vulture*, Regione Basilicata, Grafiche Finiguerra, Lavello, 217 pp.

Burollet P.F., Mugniot G.M. & Sweney, P. (1978) - *The geology of the Pelagian Block: the margins and basins of Southern Tunisia and Tripolitania.* In: *The Ocean Basins and margins,* 4B: The western Mediterranean (eds. A. Nairn, W. Kanes & F.G. Stelhi), Plenum Press, New York, 331-339.

Caggianelli A., De Fino M., La Volpe L. & Piccarreta G. (1990) - *Mineral chemistry of Monte Vulture volcanics: petrological inferences*. Mineralogy and Petrology, **41**: 215-227

Caiazzo C., Giovine G., Ortolani F., Pagliuca S., Schiattarella M. & Vitale C. (1992) - *Genesi ed evoluzione strutturale della depressione tettonica dell'alta valle del Fiume Sele (Appennino campano-lucano)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. **1992/1**, 245-255.

Caloiero D., Niccoli R. & Reali C. (1993) – *Le precipitazioni in Basilicata (1921-1980)*. CNR-IRPI Cosenza, Tip. Di Giuseppe Cosenza: 3-38.

Capozzi R**.** & Picotti V. (2003) - *Pliocene sequence stratigraphy, climatic trends and sapropel formation in the Northern Apennines (Italy)*. Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol., **190**: 349-371.

Carbone S., Lentini F., Sonnino M. & De Rosa R. (1987) – *Il Flysch Numidico di Valsinni (Appennino Lucano)*. Boll. Soc. Geol. It., **106**: 331-345.

Carozzo M.T., Mongelli F., Mosetti F. & Segre A.G. (1964) - *Aspetti gravimetrici, geomagnetici e geologico-morfologici della regione del Vulture in Lucania*. Boll. Geof. Teor. Appl., **6**: 96-138.

Casnedi R. (1988) - *La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 439-448.

Castellano M.C. & Schiattarella M. (1998) - *Tettonica contrazionale neogenica del settore nord-occidentale del Monte Cervati (Cilento, Appennino campano)*. Boll. Soc. Geol. It., **117**: 747-759.

Castradori D. (1993) - *Calcareous nannofossil biostratigraphy and biochronology in eastern Mediterranean deep-sea cores*. Riv. Ital. Paleont. Strat., **99**: 107-126.

Catalano S., Monaco C., Tortorici L.& Tansi C. (1993) – *Pleistocene strike-slip tectonics in the Lucanian Apennine (Southern Italy)*. Tectonics, **12**: 656-665.

Celico P. (1990) - *Prospezioni Idrogeologiche.* Vol. **I**, Ed. Liguori, Napoli.

Cello G., Martini N., Paltrinieri W. & Tortorici L. (1989) - *Structural styles in the frontal zones of the Southern Apennines, Italy: an example from the Molise district.* Tectonics, **8**: 753-768.

Centamore E., Chiocchini U. & Moretti A. (1971) – *Geologia della zona tra Acerenza e Avigliano (Potenza)*. Studi Geol. Camerti, **1**: 97-122.

Chiappella-Montezemolo G.(1961) - *Les fouilles dans le bassin lacustre de Venosa (Potenza-Italie).* «Report of the Vith International Congress on Quaternary» Warsaw, 1961.

Ciarallo A. & Capaldo L. (1995) - *Viaggio al Vulture*. Ed. Osanna, Venosa.

Ciaranfi N., Guida N., Iaccarino G., Pescatore T., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Sgrosso I., Torre M., Tortorici L., Turco E., Scarpa R., Cuscito M., Guerra I., Iannaccone G., Panza G.F. & Scandone P. (1983) - *Elementi sismotettonici dell'Appennino Meridionale.* Boll. Soc. Geol. It., **102**: 201-222.

Ciaranfi N. & Loiacono F. (1983) - *Il Flysch Numidico nel quadro dell'evoluzione tettonico-sedimentario inframiocenica dell'Appennino meridionale*. Dip. Geol. Univ. Bari, **16**: 1-43.

Ciarcia S., Di Nocera S. & Torre M. (1998) - *Sistemi di fan delta al margine orientale del Bacino di Ariano (Pliocene inferiore, Appennino Apulo-Campano)*. Boll. Soc. Geol. It., **117**: 807-819.

Ciet P. & Tazioli G.S. (1981) - *Dati sul regime ideologico e termico delle sorgenti del Monte Vulture, Basilicata*. Atti del secondo seminario informativo delle unità di ricerca di geotermia del CNR: prospettive aperte dalle ricerche del CNR e stato di avanzamento e sui risultati raggiunti al 31 dicembre 1980 dal Sottoprogetto Energia geotermica, Roma, 16-19 giugno 1981.

Cinque A., Patacca E., Scandone P. & Tozzi M. (1993) - *Quaternary kinematic evolution of the*

PROGETTO SCARG

Southern Apennines. Relationships between surface geological features and deep lithospheric structures. Ann. Geof., **36**: 249-260.

Cita M.B. (1975) - *Studi sul Pliocene e gli strati di passaggio dal Miocene al Pliocene, VII. Planktonic foraminiferal biozonation of the Mediterranean Pliocene deep sea record: a revision*. Riv. It. Paleont. Strat., **81**: 427-544.

Cita M. B. & Castradori D. (1995) - *Workshop on marine sections from the Gulf of Taranto (southern Italy) usable as potential GSSP of the lower, middle and upper Pleistocene (Bari, Italy, Sept. 29-Oct. 4, 1994)*. Il Quaternario, **7**: 677-692.

Cita M.B. & Corselli C. (1993) - *Messiniano: vent'anni dopo*. Mem. Soc. Geol. It., **49**: 145-164.

Cocco E., Cravero E., Ortolani F., Pescatore T., Russo M., Sgrosso I., & Torre M. (1972) - *Les faciès sedimentaires miocènes du Bassin Irpinien (Italie Meridionale)*. Atti Acc. Pont., Nuova Serie, **21**: 1-13.

Colalongo M.L. & Sartoni S. (1979) - *Schema biostratigrafico per il Pliocene e il basso Pleistocene in Italia*. Contributo per la carta Neotettonica Italiana, Publ. **251**: 645-654.

Colella A. (1988) - *Pliocene-Holocene fan deltas and braid deltas in the Crati Basin, S. Italy: a consequence of varying teconic conditions*. In: Fan Deltas: Sedimentology and tectonic Settings (eds. W. Nemec & R.J. Steel). Blackie, Glasgow and London, 50-74.

Colella A. (1994) - *Coarse-grained deltas in neotectonic strike-slip and extensional settings: tectonic and sedimentary controls of the architecture of deltas and basin fills (Crati Basin and Messina Strait, southern Italy)*. In: 15th IAS Regional Meeting, April, Ischia, Italy.

Cortini M. (1975) - *Età K-Ar del Monte Vulture (Lucania)*. Riv. It. Geof. Sc. Affini, **2**: 45-46.

Cotecchia V. & Lonoce R. (1963) - *L'erosione nel bacino imbrifero del T. Rendina e la sedimentazione nel lago artificiale di Abate Alonia.* Geotecnica, **1**: 3-20.

Crisci G., de Fino M., La Volpe L. & Rapisardi L. (1983) - *Pleistocene ignimbrites of Monte Vulture (Basilicata, Southern Italy)*. N. Jb. Geol. Paläont. Mh, **12**: 731-746.

Crostella A. & Vezzani L. (1964) - *La geologia dell'Appennino Foggiano.* Boll. Soc. Geol. It., **83**: 121-142.

D'Argenio B., Pescatore T. & Scandone P. (1973) - *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Acc. Naz. Lincei, Quad., **183**: 49-72.

D'Argenio B., Pescatore T. & Scandone P. (1975) - *Structural pattern of the Campania-Lucania Apennines*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", **90**: 313-327.

De Fino M., La Volpe L., Peccerillo A., Piccarreta G. & Poli G. (1986) - *Petrogenesis of Monte Vulture volcano (Italy): inferences from mineral chemistry, major and trace element data*. Contrib Mineral Petrol, **92**: 153-145.

De Fino M., La Volpe L. & Piccarreta G. (1982) - *Magma evolution at Mount Vulture (Southern Italy)*. Bull. Volcanol., **45/2**: 115-126.

De Lorenzo G. (1899) - *Studio geologico del Monte Vulture. Atti R Acc Sc Fis Mat Napoli,* **10**, Serie 2a, 207 pp.

Deino AL., Curtis G.H., Southon J., Terrasi F., Campajola L. & Orsi G. (1994) – *^{14}C and $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating of the Campaniana ignimbrite, Phlegraean Fields, Italy*. Eighth International Conference on Geochronology and Isotope Geology (ICOG-8). US Geological Survey Circular, Abstracts, vol 1107, 77.

Dell'Anna L. & Di Pierro M (1975) - *La magnetite dei prodotti vulcanici del Monte Vulture (Lucania)*. Rend SIMP, **30**(2): 517-542.

Dewey, J.F., Helman, M.L. & Turco, E. (1989) - *Kinematics of the western Mediterranean*. In: *Alpine tectonics* (eds. M.P. Coward, D. Dietrich & R.G. Park). Geological Society London, Spec. Publ. **45**: 265-283.

Di Lecce Mininni M (1956) - *Su alcune rocce nefelinitiche e melilititiche del M.Vulture*. Rend SIMP, **12**: 1-13.

Di Nallo A. & Scarpa S. (1977) - *Rilievo Geologico-Radiometrico "Vulture (Basilicata)"*. Rapporto Interno AGIP S.p.A-ESUM, pp.11.

PROGETTO CARG

Doglioni C. (1991) - *A proposal of kinematic modelling for W-dipping subductions - Possible applications to the Tyrrhenian-Apennines system*. Terra Nova, **3**: 423-434.

Doglioni C., Mongelli F. & Pialli G. (1996) - *L'eredità alpina nell'evoluzione tettonica dell'Appennino*. Presentazione dei risultati del profilo sismico CROP 03, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 7-9 novembre 1996, Volume dei riassunti, p. 46.

Esposito E., Pece R., Porfido S. & Tranfaglia G. (2001) - *Hydrological anomalies connected to earthquakes in southern Apennines (Italy)* . Natural Hazards and Earth System Sciences, **1**(3):137-144.

Ferranti L., Oldow J.S. & Sacchi M. (1996) - *Pre-Quaternary orogen-parallel extension in the Southern Apennine belt, Italy*. Tectonophysics, **260**: 325-347.

Fidelibus D., Tazioli G.S., Tittozzi P. & Vurro F. (1981) - *Chimismo delle acque sotterranee del Monte Vulture, Basilicata*. Atti del secondo seminario informativo delle unità di ricerca di geotermia del CNR: prospettive aperte dalle ricerche del CNR e stato di avanzamento e sui risultati raggiunti al 31 dicembre 1980 dal Sottoprogetto Energia geotermica, Roma, 16-19 giugno 1981: 131-141.

Figliuolo B. (1989) - Il terremoto del 1456, 2 voll., Altavilla Silentina.

Fornaciari E., Di Stefano A., Rio D. & Negri A. (1996) - *Middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropaleontology, **42**, 37-63.

Fornaciari E & Rio D. (1996) - *Latest Oligocene to early middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropaleontology, **42**: 1-36.

Fortunato G. (1902) - *Il castello di Lagopesole*. Ed. Vecchi, Tipografo Editore, Trani.

Frattani P. (1982) - *Effetti sul patrimonio antico della Campania e della Basilicata*. 2° parte: Basilicata, Roma.

Freeman J. (1930) - *The Italian Earthquake of July 23,1930*. Bull. Seism. Soc. Am., **20**: 241-260.

Galli E. (1930) - *I monumenti lucani colpiti dal terremoto*, in "Le Vie d'Italia. Rivista Mensile del Touring Club Italiano", a.36, n.11. Milano 1930: 873-879.

Gallicchio S. & Maiorano P. (1999) - *Revised stratigraphy of the Serra Palazzo Formation, a Miocene foredeep turbidite succession of the Southern Apennines (Italy)*. Riv. It. Paleont. e Strat., **105**: 287-302.

Gallicchio S., Marcucci M., Pieri P., Premoli Silva I., Sabato L. & Salvini G. (1996) – *Stratigraphical data from a Cretaceous claystones sequence of the "Argille Varicolori" in the Southern Apennines (Basilicata, Italy)*. Palaeopelagos, **6**: 261-272.

Ghisetti F. & Vezzani L. (1982) - *Strutture tensionali e compressive indotte da meccanismi profondi lungo la linea del Pollino (Appennino meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **101**: 385-440.

Giannandrea P., La Volpe L., Principe C. & Schiattarella M (2006a) - *Unità stratigrafiche a limiti inconformi e storia evolutiva del vulcano medio-pleistocenico di Monte Vulture (Appennino meridionale, Italia)*. Boll. Soc. Geol. It., **125**, 67-92 (con carta allegata in scala 1:25.000).

Giannandrea P., Principe C., La Volpe L. & Schiattarella M. (2006b) - *Note illustrative alla nuova carta geologica alla scala 1:25.000 del Monte Vulture*. In: Principe C. (a cura di), *La geologia del Monte Vulture*, Regione Basilicata, Grafiche Finiguerra, Lavello, 217 pp.

Giano S.I., Maschio L., Alessio M., Ferranti L., Improta S. & Schiattarella M. (2000) - *Radiocarbon dating of active faulting in the Agri high valley, southern Italy*. Journ. Geodynamics, **29**: 371-386.

Gizzi F.T. (2004) - *Il terremoto irpino del 1930: cause geologiche del danno nell'area del Vulture*. Atti del 22° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica delle Terra solida. Sessione Microzonazione ed effetti di sito. CD-ROM.

Gizzi F.T. & Masini N. (2004) - *Damage scenario of the earthquake on 23 July 1930 in Melfi: the contribution of the technical documentation*. Ann. Geoph. **47** (5).

Gortani M. (1959) - *Compendio di Geologia per Naturalisti e Ingegneri.* Geodinamica esterna (Geologia esogena), **2.**

Gruppo di lavoro CPTI (2004) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004*

PROGETTO GNRG

(CPTI04). INGV, Bologna. Sito Internet: http://emidius.mi.ingv.it/CPTI/.

Guerrera F., Loiacono F., Moretti E. & Puglisi D. (1990) – *La sequenza Numidica nel suo contesto geotettonico: una proposta di ordine paleogeografico*. Riv. It. Paleont. Strat., **96** (2-3): 165-190.

Hieke Merlin O (1965) - *Le vulcaniti del settore Nord-Orientale del Monte Vulture (Lucania)*.Pavova, Mem. Ist. Geol. Min. Un., **24**: 1-74.

Hieke Merlin O (1967) - *I prodotti vulcanici del Monte (Lucania)*. Padova, Mem. Ist. Geol. Min. Un., **26**: 1-70.

Hieke Merlin O., La Volpe L. Nappi G., Piccarreta G., Redini R. & Santagati G. (1971) - *Note illustrative alla carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Fogli 186 "S.Angelo dei Lombardi" e 187 "Melfi"*. Serv. Geol. d'It., 188 pp.

Hieke Merlin O., La Volpe L. & Piccarreta G. (1967) - *Carta Geologico-Petrografica del Gruppo vulcanico del Monte Vulture (Lucania)*. Mem. Ist. Geol. Mineral. Un., Padova, **26**.

Hutchinson J.N. & Del Prete M. (1985) - *Landslides at Calitri, Southern Apennines, reactivated by the earthquake of 23rd November 1980*. Geol Appl. e Idrogeol., **20** (1): 9-38.

Hyppolite J.C., Angelier J. & Barrier E. (1995) - *Compressional and extensional tectonics in an arc system: example of the Southern Apennines*. Journal of Structural Geology, **17**: 1725-1740.

Jiménez M.J., Giardini D., Grünthal G. & Sesame W.G. (2001) - *Unified seismic hazard modelling throughout the Mediterranean region*. Boll. Geof. Teor. Appl.,**42** (1-2):19-39.

Jones A.P., Kostoula T., Stoppa F. & Wolley A.R. (2000) - *Petrography and mineral chemistry of mantle xenolith in a carbonate-rich melilititic tuff from Mt. Vulture volcano, Southern Italy*. Mineralogical Magazine, **64**: 593-613.

Knott S.D. (1987) - *The Liguride Complex of Southern Italy - a Cretaceous to Paleogene accretionary wedge*. Tectonophysics, **142**: 217-226.

Knott S.D. & Turco E. (1991) - *Late Cenozoic kinematics of the Calabrian Arc, Southern Italy*. Tectonics, **10**:1164-1172.

La Volpe L., Patella D., Rapisardi L. & Tramacere A. (1984) - *The evolution of the Monte Vulture volcano (Southern Italy): inferences from volcanological, geological and deep dipole electrical soundings data*. Journ. Volcanol. Geotherm. Res., **22**: 147-162.

La Volpe L. & Piccarreta G. (1971) - *Le piroclastiti del Monte Vulture (Lucania) – Nota 1: "Le pozzolane di Rionero e Barile"*. Rend SIMP, XXVII

La Volpe L. & Piccarreta G. (1972) - *Le Ignimbriti del Monte Vulture (Lucania)*. Rend SIMP, **28**: 191-214.

La Volpe L. & Principe C. (1989a) - *Stratigrafia e Storia eruttiva del Monte Vulture – Revisione ed aggiornamenti. Gruppo Nazionale per la Vulcanologia*. Bollettino 1989, 889-902.

La Volpe L. & Principe C. (1989b) - *Guida alla escursione sul Monte Vulture del 18-19 ottobre 1989*. Convegno Scientifico "Genesi ed aspetti geodinamici del vulcanismo potassico ed ultrapotassico: stato dell'arte e prospettive di ricerca". Bari, 17-18 ottobre 1989, 33 pp.

La Volpe L. & Principe C. (1991) - *Comments on "Monte Vulture Volcano (Basilicata Italy): an analysis of morphology and volcaniclastic facies" by JE Guest, AM Duncan and DK Chester*. Bull Volcanol, **53**: 222-227.

La Volpe L. & Principe C. (1994) - *Il Monte Vulture*. Guida all'escursione generale precongressuale, 77° Congr. Naz. Soc. Geol. It., Bari.

La Volpe L. & Principe C. (1999) - *Itinerario n.ro5 "Da Melfi ai Laghi di Monticchio"*. Into "La Puglia ed il Vulture", Guide Geologiche Regionali della Società Geologica Italiana, **8**: 173-193.

La Volpe L., Principe C. & Rapisardi L. (1988) - *Monte Vulture eruptive history: new stratigraphic and volcanological data*. Atti del 74° Congresso Nazionale della Societa` Geologica Italiana, Sorrento 13-17 settembre 1988, vol. **A**: 346-354.

La Volpe L. & Rapisardi L. (1977) - *Osservazioni geologiche sul versante meridionale del M. Vulture; genesi ed evoluzione del Bacino Lacustre di Atella*. Boll. Soc. Geol. It., **96**: 181-197.

Lazzari M. (2000) - *Condizionamenti geologici, geomorfologici e geotecnici nella conservazione e tutela di alcuni beni storico-monumentali della Basilicata.* Atti Conv. Naz. "Condizionamenti

PROGETTO GARG

geologici e geotecnici nella conservazione del patrimonio storico-culturale", Torino 8-9/6/2000. Pubblicazione CNR-GNDCI n° 2072: 571-582.

Lazzari M. & Pieri P. (2002) - *Modello stratigrafico-deposizionale della successione regressiva infrapleistocenica della Fossa Bradanica nell'area compresa tra Lavello, Genzano e Spinazzola.* Mem. Soc. Geol. It., **57** (1), 231-237.

Lazzari S. (1978) - *Le risorse idrominerali del Vulture: considerazioni e proposte*. Rassegna Economia Lucana, Camera Commercio, Potenza.

Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A. & Zanettin B. (1986) - *A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram*. Journal of Petrology, **27:** 745-750.

Le Maitre R.W. (ed) (2002) - *Igneous rocks - A classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences, Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge University press, 236 pp.

Lear E. (1852) - *Viaggio in Basilicata (1847)* (ed. ital. con trad. di V. Pepe, 1984). Venosa:70 pp.

Lefèvre D. Raynal J.P., Vernet G., Pilleyre T., Piperno M., Sanzelle S., Fain J., Mailler D. & Montret M. (1994) - *Sédimentation , volcanisme et présence humaine dans le bassin de Venosa (Basilicata, Italie) au Pléistocene moyen: exemple du site de Notarchirico*. Bull Soc Prehist Fra, **91**(2): 103-112

Lentini F. (1979) - *Le Unità Sicilidi della Val d'Agri (Appennino Lucano)*. Geologica Romana, **18**: 215-225.

Loiacono F. & Sbarra R. (1991) - *Caratteri sedimentologici della Formazione di Serra Palazzo nei dintorni di Tricarico (Basilicata)*. Mem. Soc. Geol. It., **47**: 157-166.

Maggiore M. & Pagliarulo P. (2001) - *Lineamenti idrogeologici e risorse idrominerali del Vulture*. In: "Georisorse del Vulture", volume a cura dell'Ordine dei Geologi della Basilicata, ed. L'Aquilone, Potenza, 37-54.

Magri G. & Molin D. (1984) - *Il terremoto del 1456 nell'Appennino meridionale*. ENEA RT/AMB(83)8. Roma: 180 pp.

Magri G. & Molin D. (1985a) - *The earthquake of December 1456 in Central-Southern Italy*, in Postpischl D. (editor), 1985. *Atlas of isoseismal Maps of Italian Earthquakes.* Quaderni de "La Ricerca Scientifica", n. 114, 2A: 20-23.

Magri G. & Molin D. (1985b) - *The Melfi earthquake of August 14,1851,* in Postpischl D. (editor), 1985. *Atlas of isoseismal Maps of Italian Earthquakes*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", n. 114, 2A: 84-85.

Maiorano P. (1998) - *Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy from Southern Apennines foredeep deposits and Mediterranean DSDP site 372*. Riv. It. Paleont. e Strat., **104**: 391-416.

Maiorano P. & Marino M. (2004) - *Calcareous nannofossil bioevents and environmental control on temporal and spatial patterns at the early-middle Pleistocene*. Mar. Micropaleontology, **53**: 405-422.

Majo E. (1931) - *Il terremoto irpino del 23 luglio1930*, Boll. Soc. Nat. In Napoli, **43**.

Malinverno A. & Ryan W.B.F. (1986) - *Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as a result of arc migration driven by sinking of the lithosphere*. Tectonics, **5**: 227-245.

Malitesta C., Losito I., Scordari F. & Schingaro E. (1995) - *XSP investigation of titanium in melanites from Monte Vulture (Italy)*. European Journ. Mineral., **7**(4): 847-858.

Mallet R. (1862) -*The Great Neapolitan Earthquake of 1857.* 2 voll. London, October 1862, reprinted by Istituto Nazionale di Geofisica. Roma.

Mauro A. & Schiattarella M. (1988) - *L'Unità Silentina di Base: assetto strutturale, metamorfismo e significato tettonico nel quadro geologico dell'Appennino meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 1201-1213.

Mazzoli S. (1992) - *Structural analysis of the Mesozoic Lagonegro Units in SW Lucania (Southern Italian Apennines)*. Studi Geol. Camerti, **12**: 117-146.

Mazzoli S., Barkham S., Cello G., Gambini R., Mattioni L., Shiner P. & Tondi E. (2001) – *Reconstruction of continental margin architecture deformed by the contraction of the Lagonegro*

PROGETTO CARG

Basin, southern Apennines, Italy. Journ. Geol. Soc., London, **158**: 309-319.

Meletti C., Patacca E., Scandone P. & Figliuolo B. (1988)- *Il terremoto del 1456 e la sua interpretazione nel quadro sismotettonico dell'Appennino meridionale.* In: B. Figliuolo, Il terremoto del 1456 - vol. I, Edizioni Studi Storici Meridionali, Altavilla Silentina (Sa): 71-108.

Melluso L., Morra V. & Di Girolamo P. (1996) - *The Mt. Vulture volcanic complex (Italy): evidence for distinct parental magmas and for residual melts with melilite.* Mineralogy and Petrology, **56**: 225-250.

Michetti A.M., Blumetti, A.M., Esposito E., Ferreli L., Guerrieri L., Porfido S., Serva L. & Vittori E. (2000) - *Earthquake ground effects and seismic hazard assesment in Italy: Examples from the Matese and Irpina areas, southern Apennines*, In Active Fault Research for the New Millennium, Proc. Hokudan Symposium and School on Active Faulting: 279-284.

Migliorini C. (1937) - *Cenno sullo studio e sulla prospezione petrolifera di una zona dell'Italia meridionale*. 2nd Petroleum world Comgress, Paris, AGIP report, Roma, 1-11.

Ministero Lavori Pubblici - Servizio Idrografico (1937) - *Le sorgenti italiane - Lucania.* Pubbl. 14, **V**, Ist. Poligr. Stato, Roma.

Ministero Lavori Pubblici - Servizio Idrografico di Bari (1980) – *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*. Pubbl. 17, Ist. Poligr. Stato, Roma.

Ministero Lavori Pubblici (1953) - *Le sorgenti Italiane, Regione Pugliese*. Servizio Idrografico, Roma.

Molin D., Stucchi M. & Valensise G. (a cura di) (1996) - *Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'ING.* Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile, http://www.dstn.it/ssn/PROG/G_RISCHI/MAX_INTENSITA/imax_f.html.

Monachesi G. & Stucchi M. (1997) - *Un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno.* C.N.R., Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti, http://emidius.mi.ingv.it/DOM/home.html.

Monaco C. & Tortorici L. (1995) - *Tectonic role of ophiolite-bearing terranes in the development of the Southern Apennines orogenic belt*. Terra Nova, **7**: 153-160.

Mostardini F. & Merlini S. (1986) - *Appennino centro meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., **35**: 177-202.

Ogniben L. (1963) - *Il Flysch Numidico nel quadro della geologia della Sicilia*. Mem. Soc. Geol. It., **4**, 1-18.

Ogniben L. (1969) - *Schema indroduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Mem. Soc. Geol. It., **8**: 453-763.

Oldow J.S., D'Argenio B., Ferranti L., Pappone G., Marsella E. & Sacchi M. (1993) - *Large-scale longitudinal extension in the Southern Apennines contractional belt, Italy.* Geology, **21**: 1123-1126.

Omnibus, 27.8.1851 n.69

Ori G.G. & Friend P.F. (1984) - *Sedimentary basins formed and carried piggyback on active thrust sheets.* Geology, **12**: 475-478.

Ortalli I., Pedrazzi G., Schingaro E. & Scordari F. (1994) - *Iron site populations from Mossbauer-spettroscopy in Ti-bearing garnets from Mt. Vulture (Italy)*. Hyperfine Interactions, **91**: 727-732.

Ortolani F. (1974) - *Faglia trascorrente pliocenica nell'Appennino campano*. Boll. Soc. Geol. It., **93**: 609-622.

Ortolani F., Pagliuca S., Pepe E., Schiattarella M. & Toccaceli R.M. (1992) - *Active tectonics in the Southern Apennines: Relationships between cover geometries and basement structure. A hypothesis for a geodynamic model*. IGCP Nº 276, Newsletter, **5**: 413- 419.

Paci G.M. (1853) - *Relazione dei tremuoti di Basilicata del 1851*. Napoli: 56 pp.

Pacichelli G.B. (1695) - *Lettere familiari, istoriche, & erudite, tratte dalle memorie recondite dell'abate d. Gio. Battista Pacichelli in occasione de' suoi studj, viaggi, e ministeri.* Napoli.

Palestina C., Pietrafesa F.L. & Saraceno M. (1983) - *Il terremoto nel Vulture. Immagini e ricordi di ieri e di oggi*. Laurenziana. Napoli: 85 pp.

PROGETTO CARG

Palmieri L. & Scacchi A. (1852) - *Della regione vulcanica del Monte Vulture e del Tremuoto ivi avvenuto nel dì 14 agosto 1851*. Gaetano Nobile, Napoli, 160 pp.

Pantosti D. & Valensise G. (1990) - *Faulting mechanism and complexity of the 23 November 1980 , Campania-Lucania earthquake, inferred from surface observations,* J. Geophys. Res., **95**: 15319-15341.

Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) - *Tyrrhenian basin and Apenninic arc: kinematic relations since Late Tortonian times*. Mem. Soc. Geol. It., 45: 425-451, 5 ff., 6 tabb.

Patacca E. & Scandone P. (1989) - *Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B. & Vai G.B. (eds) *The Lithosphere in Italy*. Mid-term Conference, Roma, 1987. Atti Accademia Nazionale dei Lincei, **80**, 157-176.

Patacca E. & Scandone P. (2001) - *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust-belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene)*. In: G.B. Vai & I.P. Martini (Eds.): "*Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins"*. Kluwer Academic Publishers. Printed in Great Britain. 401-440.

Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N. & Santini U. (1992) - *The Numidian-sand event in the Southern Apennines*. Memorie di Scienze Geologiche, Università di Padova, **43**: 297-337.

Patacca E., Scandone P., Giunta G. & Liguori, A. (1979) - *Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (southern Sicily)*. Geologica Romana, **18**: 331-369.

Perri E. & Schiattarella M. (1997) - *Evoluzione tettonica quaternaria del bacino di Morano Calabro (Catena del Pollino, Calabria settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **116**: 3-15.

Pescatore T. (1978) - *Evoluzione tettonica del Bacino Irpino (Italia meridionale) durante il Miocene*. Boll. Soc. Geol. It., **97**: 783-805.

Pescatore T. (1988) - *La sedimentazione miocenica nell'Appennino campano lucano*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 37-46.

Pescatore T. & Ortolani F. (1973) - *Schema tettonico dell'Appennino campano-lucano*. BOLL. SOC. GEOL. IT., **92**: 453-472.

Pescatore T., Renda P., Schiattarella M. & Tramutoli M. (1999) - *Stratigraphic and structural relationships between Meso-Cenozoic Lagonegro basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines, Italy*. Tectonophysics, **315**: 269-286.

Pescatore T., Renda P. & Tramutoli M. (1988) - *I rapporti tra le Unità Lagonegresi e le Unità Sicilidi nella media valle del Basento, Lucania (Appennino meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 353-361.

Pescatore T., Renda P. & Tramutoli M. (1992) - *"Tufiti di Tusa" e Flysch Numidico nella Lucania centrale (Appennino meridionale)*. Rend. Acc. Sc. Fis. Mat. Soc. Naz. Sc. Lett. e Arti in Napoli, serie IV, **59**: 57-72.

Petrone P. (1971) - *Il patrimonio idrominerale della Lucania*. Rassegna Economia Lucana, Camera Commercio, Potenza.

Piccarreta G. & Ricchetti G. (1970) - *I depositi del bacino fluvio-lacustre della Fiumara di Venosa-Matinelle e del Torrente Basentello*. Mem. Soc. Geol. It., **16**: 379-407.

Pieri, P., Sabato, L. & Tropeano, M., (1994) - *Evoluzione tettonico-sedimentaria della Fossa Bradanica a Sud dell'Ofanto nel Pleistocene.* In: Guida alle escursioni, 77° Congr. Soc. Geol. It. Bari., Quad. Bibl. Prov. Matera, 15, 35-54. Ed. Osanna, Venosa (PZ).

Pieri P., Sabato L. & Tropeano M. (1996) - *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa bradanica nel Pleistocene*. Mem. Soc. Geol. It., **51**: 501-515.

Pieri P., Vitale G., Beneduce P., Doglioni C., Gallicchio S., Giano S.I., Loizzo R., Moretti M., Prosser G., Sabato L., Schiattarella M., Tramutoli M. & Tropeano M. (1997) - *Tettonica quaternaria nell'area bradanico-ionica*. Il Quaternario, **10**: 535-542.

Pingue F., De Natale G. & Briole P. (1993)- *Modeling of the 1980 Irpinia earthquake source:constraints from geodetic data*, in *Proceedings of the "Irpinia Dieci Anni Dopo" Meeting, Sorrento, Italy, 19-24 November 1990.* Ann. Geof. **36**: 27-40.

PROGETTO CARG

Principe C [a cura di] (2006) - *La geologia del Monte Vulture.* Regione Basilicata, Grafiche Finiguerra, Lavello, 217 pp.

Principe C. & Giannandrea P. (2002) - *Stratigrafia ed evoluzione geologica del vulcano Vulture (Basilicata, Italia) – Rapporti fra vulcanismo ed ambienti sedimentari*. 81ma Riunione estiva della Società Geologica Italiana "Cinematiche collisionali: tra esumazione e sedimentazione", volume riassunti, 280-281, Torino, 10-12 settembre 2002.

Principe C. & Giannandrea P. (2006) - *Storia evolutiva del Monte Vulture.* In: Principe C. (a cura di), *La geologia del Monte Vulture*, Regione Basilicata, Grafiche Finiguerra, Lavello, 217 pp.

Principe C. & Stoppa F. (1994) - *Caratteristiche litologiche delle piroclastiti associate alla genesi dei maar di Monticchio: prima segnalazione di depositi carbonatitico-melilitici al M. Vulture (Basilicata)*. Plinius, **12**, 86-90.

Proietti G. [a cura di] (1994) - *Dopo la Polvere Rilevazione degli interventi di recupero (1985-1989) del patrimonio artistico monumentale danneggiato dal terremoto del 1980-81, a c. di G. Proietti, 5 voll.* Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Roma.

Prosser G., Schiattarella M., Tramutoli M., Doglioni C., Harabaglia P. & Bigozzi A. (1996) - *Una sezione rappresentativa dell'Appennino Meridionale.* Riassunti Conferenza sulla Ricerca Scientifica in Basilicata, Università della Basilicata - Regione Basilicata, Febbraio 1996.

Racioppi G. (1858) - *Sui tremuoti di Basilicata, nel dicembre 1857*. Stabilimento tipografico della Gazzetta dei Tribunali. Napoli: 3-28.

Raynal J.P., Lefèvre D., Vernet G., Pilleyre T., Sanzelle S., Fain J., Miallier D. & Montret M. (1998) - *Sedimentary dynamics and tecto-volcanism in the Venosa basin (Basilicata, Italia)*. Quaternary International, **47**/**48**: 97-105.

Redini R. (1971) - *Geologia Applicata.* In *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Fogli 186-187 S.Angelo De'Lombardi – Melf*i, a cura di Hieke Merlin O. *et alii*, Roma Nuova Tecnica Grafica:163-174.

Reina C. (1969) - *Le acque della Regione del Vulture*. Atti del V Congresso Internazionale di Tecnica Idrotermale, Agnano Terme – Castellamare di Stabia, 31 Maggio-5 Giugno, 3-20.

Renda P., Tavarnelli E., Tramutoli M. & Gueguen E. (2000) - *Neogene deformations of Northern Sicily, and their implications for the geodynamics of the Southern Tyrrhenian Sea margin.* Memorie della Società Geologica Italiana, **55:** 315-324.

Renne P.R., Swisher C.C., Deino A.L., Karner D.B., Owens T.L. & De Paolo D.L. (1998) - *Intercalibration of standards, absolute ages and uncertainties in 40Ar/39Ar dating*. Chemical Geology, **145**: 117-152.

Ricchetti G. (1965) - *Alcune osservazioni sulla serie della Fossa Bradanica. Le "Calcareniti di M. Castiglione".* Boll. Soc. Nat. Di Napoli, **75**: 3-11.

Ricchetti G. (1980) - *Contributo alla conoscenza strutturale della fossa bradanica e delle Murge*. Boll. Soc. Geol. It., **99**: 421-430.

Richmond G. M. (1996) - *The INQUA-approved provisional lower-middle Pleistocene boundary*. In: Turner C. (ed.) - *The early Middle Pleistocene in Europe*, 319-327, Rotterdam.

Rimin (1992) - *Valutazione preliminare di minerali industriali in Lucania e Campania.* Rapporto interno finale, 53 pp.

Rio D., Cita M.B., Iaccarino S., Gelati R. & Gnaccolini M. (1997) - *Langhian, Serravallian, and Tortonian historical stratotypes*. In Montanari A., Odin G.S. & Coccioni R.. Miocene Stratigraphy. An integrated approach, 57-87.

Rio D., Raffi I. & Villa G. (1990) - *Pliocene-Pleistocene distribution patterns in the Western Mediterranean*. In Kastens K.A., Mascle J. *et alii*, 1990. *Proceedings of ODP*, Scient. Results, **107**: 513-533.

Riviello A., Schiattarella M. & Vaccaro M.P. (1997) - *Struttura geologica dell'area di Tolve (Basilicata) dedotta da dati di superficie e di sottosuolo*. Il Quaternario, **10**: 557-562.

Rosatelli G., Stoppa F. & Jones A.P. (2000) - *Intrusive calcite-carbonatite occurrence from Mt. Vulture volcano, southern Italy*. Mineralogical Magazine, **64** 4): 515-624.

PROGETTO CARG

Russo F. & Schiattarella M. (1992) - *Osservazioni preliminari sull'evoluzione morfostrutturale del bacino di Castrovillari (Calabria settentrionale)*. Studi Geol. Camerti, vol. spec. **1992/1**: 271-278.

Sabato L. (1996) - Quadro *stratigrafico-deposizionale dei depositi regressivi nell'area d'Irsina (Fossa bradanica)*. Geologica Romana, **32**: 219-230.

Salvador A. (1987) - *Unconformity-bounded stratigraphic units*. Geological Society American Bulletin, **98**: 232-237, 1 fig.

Salvador A. [a cura di] (1994) - *International stratigraphic guide.* International Union of Geological Sciences, Trondheim, Norway, and Geological Society of America, Boulder, 214 pp.

Sbarra R. (1994) - *La sedimentazione torbiditica nella avanfossa medio-miocenica dell'Appennino meridionale*. Tesi di Dottorato inedita, Università di Bari, 175 pp.

Scandone P. (1972) - *Studi di geologia lucana: Carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note illustrative*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, **81**: 225-300.

Scandone P. (1975) - *The preorogenic history of the Lagonegro basin (southern Apennines)*. In: C. Squyres (Ed.) "*Geology of Italy*", The Earth Sciences Society of the Libyan Arab Republic, 305-315.

Scandone P. (1979) - *Origin of the Tyrrhenian Sea and Calabrian Arc.* Bollettino della Società Geologica Italiana, **98**: 27-34.

Schiattarella M. (1996) - *Tettonica della Catena del Pollino (confine calabro-lucano)*. Mem. Soc. Geol. It., **51**: 543-566.

Schiattarella M. (1998) - *Quaternary tectonics of the Pollino Ridge, Calabria-Lucania boundary, southern Italy*. In: Holdsworth R.E., Strachan R.A. & Dewey J.F. (eds), *"Continental Transpressional and Transtensional Tectonics"*. Geological Society, London, Spec. Publ., **135**: 341-354.

Schiattarella M., Beneduce P., Di Leo P. & Giano S.I. (1998) - *Comparazione tra l'evoluzione strutturale e geochimica del vulcano quaternario del Monte Vulture in Basilicata*. Plinius, **20**: 195-196.

Schiattarella M., Beneduce P., Di Leo P., Giano S.I., Giannandrea P. & Principe C. (2005) - *Assetto strutturale ed evoluzione morfotettonica quaternaria del vulcano del Monte Vulture (Appennino Lucano)*. Boll. Soc. Geol. It., **124**, 543-562.

Schiattarella M., Beneduce P. & Giano S.I. (2001) - *L'evoluzione strutturale e morfologica del vulcano del Monte Vulture nel contesto tettonico quaternario dell'Appennino meridionale*. In: "Georisorse del Vulture", volume a cura dell'Ordine dei Geologi della Basilicata, ed. L'Aquilone, Potenza, 17-34.

Schiattarella M., Di Leo P., Beneduce P. & Giano S.I. (2003) - *Quaternary uplift vs tectonic loading: a case-study from the Lucanian Apennine, southern Italy*. Quaternary International, **101-102**, 239-251.

Schiattarella M., Di Leo P., Beneduce P., Giano S.I. & Martino C. (2006) - *Tectonically driven exhumation of a young orogen: an example from southern Apennines, Italy*. In: Willett S.D., Hovius,N. Brandon M.T. & Fisher D., eds., *Tectonics, climate, and landscape evolution*, Geological Society of America Special Paper: **398**, Penrose Conference Series, 371–385.

Schiattarella M., Torrente M.M. & Russo F. (1994) - *Analisi strutturale ed osservazioni morfostratigrafiche nel bacino del Mercure (Confine Calabro-Lucano)*. Il Quaternario, **7**: 613-626.

Schingaro E., Scordari F. & Ventruti G. (2001) - *Triocthaedral micas-1M from Mt. Vulture (Italy) – Structural disorder and crystal chemistry*. European Journ. Mineralogy, **13**: 1057-1069.

Scordari F, Schingaro E. & Pedrazzi G (1999) - *Crystal chemistry of melanites from Mt. Vulture (Southern Italy)*. European Journ. Mineral., **11**: 855-869.

Selli R. (1962) - *Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia centro-meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **3**: 737-789.

Servizio Geologico d'Italia (1992) - *Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 Guida al Rilevamento*. Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III vol 1, 203 pp.

Sgrosso I. (1988) - *Nuovi elementi per un più articolato modello paleogeografico nell'Appennino centro meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 225-242.

PROGETTO SCARG

Spadea M.C., Vecchi M., Gardellini P. & Del Mese S. (1985)- *The Irpinia earthquake of July 23, 1930.* In: Postpischl D. (ed.), *Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes*, Quaderni della Ricerca Scientifica, 114, 2A, Roma:136-137.

Sprovieri R., Di Stefano E., Howell M., Sakamoto T., Di Stefano A. & Marino M. (1998) - *Integrated calcareous plankton biostratigraphy and cyclostratigraphy at Site 964.* In: Robertson A.H.F., Emeis K.C., Richter C. & Camerlenghi A. (eds.) - *Proceedings of ODP*. Sci. Res., **160**: 155-165, College Station, Texas.

Stoppa F. & Liù Y (1995) - *Chemical composition and petrogenetic implications of apatites from some ultra-alkaline Italian rocks*. European Journ. Mineral., **7**: 391-402.

Stoppa F. & Principe C. (1997) - *Eruption style and petrology of a new carbonatitic suite from the Mt. Vulture (Southern Italy): The Monticchio Lakes Formation*. Journ. Volcanol. Geotherm. Res., **78**: 251-265.

Stoppa F. & Rosatelli G. (2002) - G*uidebook to the field excursion to Mount Vulture* EUROCARB (European Science Foundation Network on mantle carbon and carbon cycling) III Workshop, Italy Chieti, 7-10 june 2002, pp.16.

Stoppa F., Rosatelli G. & Principe C. (2006) - *Classificazione modale delle vulcaniti del Monte Vulture*. In: Principe C. (a cura di), *La geologia del Monte Vulture*, Regione Basilicata, Grafiche Finiguerra, Lavello, 217 pp.

Summa R. (1986) - *Microperforazioni orizzontali per la captazione di falde idriche profonde*. Acque Sotterranee, **3** (2), Milano.

Tavarnelli E. & Prosser G. (2003) - *The complete Apennines orogenic cycle preserved in a transient single outcrop near San Fele, Lucania, Southern Italy*. Journal of the Geological Society of London, **160**: 429-434.

Torrente M.M. (1990) - *Folding and thrusting in the calcareo-silico-marnosa sequence (Lagonegro area, Southern Apennine)*. Mem. Soc. Geol. It., **45**: 511-517.

Tozzi M., Menconi A. & Sciamanna S. (1996) - *Studio strutturale del Monte Bulgheria (Cilento meridionale) e sue implicazioni per la tettogenesi dell'Appennino campano*. Boll. Soc. Geol. It., **115**: 249-278.

Tropeano M., Sabato L. & Pieri P., (2002) - *Filling and cannibalisation of a foredeep: the Bradanic Trough, southern Italy.* In S.J. Jones & L.E. Frostick (eds): *Sediment flux to Basins: causes, controls and consequence*s. Geol. Soc. London, Spec. Publ., **191**: 55-79.

Valensise G. & Pantosti D. [a cura di] (2001) - *Database of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy.* Annali di Geofisica, **44**.

Vannucci G., Pondrelli S., Argnani A., Morelli A., Gasperini P. & Boschi E. (2004)- *An Atlas of Mediterranean seimicity*. Ann. Geoph., **47**. Suppl: 247-306.

Villa I.M. (1985) - *Cronologia ^{39}Ar / ^{40}Ar del complesso vulcanico del Monte Vulture.* Rend. SIMP, **41**: 146-147.

Washington H.S. (1906) - *The Roman Comagmatic Region*. Carnegie Inst Wash Pub. **57**: 140 pp.

Westaway R. (1993a) - *Quaternary Uplift of Southern Italy*. Journ. Geoph. Res., **98**: 21741-21772.

Westaway R. (1993b) - *Fault rupture geometry for the 1980 Irpinia earthquake: a working hypothesis*. In: *Proceedings of the "Irpinia Dieci Anni Dopo" Meeting, Sorrento, Italy, 19-24 November 1990.* Ann. Geof. **36**: 51-69.

Westaway R. & Jackson J.A. (1987)- *The earthquake of 23 November 1980 in Campania-Basilicata (S. Italy).* Geophys. J. R. Astron. Soc., **90**: 375-443.

Zuffa G.G. (1980) - *Hybrid arenites: their composition and classification*. J. Sediment. Petrol., **50** :21–29

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG