I S P R A

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

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

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

foglio 258-271
SAN REMO

a cura di
Stani Giammarino[1], Francesco Fanucci[2], Stefano Orezzi[1], Davide Rosti[1] e Danilo Morelli[2]

con contributi di:
Area emersa
Biostratigrafia nannofossili calcarei e foraminiferi: **M. Cobianchi, A. Di Stefano**
Paleontologia delle facies algali e a macroforaminiferi: **P. Fravega, G. Vannucci**
Petrografia del sedimentario: **M. Piazza**
Geomorfologia: **A. De Stefanis**

Area marina
Sedimentologia: **F. Finocchiaro**

(1) Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse - Università degli Studi di Genova
(2) Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine - Università degli Studi di Trieste

Ente realizzatore: **Regione Liguria**
Dipartimento Ambiente Servizio Assetto del Territorio

PROGETTO CARG

Direttore del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA):
L. SERVA

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

Responsabile del Progetto CARG per la Regione Liguria:
G. GORZIGLIA

PER IL SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA:

Revisione scientifica:
E. Chiarini, L. Martarelli, R. Pichezzi (parte a terra),
S. D'Angelo, A. Fiorentino (parte a mare)

Revisione informatizzazione dei dati geologici:
L. Battaglini, V. Campo, R. Pichezzi (ASC)

Coordinamento editoriale e allestimento per la stampa:
D. Tacchia (coord.), **M. Cosci, S. Falcetti**

PER LA REGIONE LIGURIA:

Coordinatore scientifico:
S. Giammarino (Area emersa)
F. Fanucci (Area marina)

Allestimento editoriale e cartografico:
S. Giammarino, F. Fanucci, S. Orezzi, D. Rosti, D. Morelli

Informatizzazione e allestimento cartografico:
Litografia Artistica Cartografica s.r.l. - Firenze

Gestione tecnico-amministrativa del Progetto CARG:
M. T. Lettieri - Servizio Geologico d'Italia - ISPRA

Si ringraziano i componenti del precedente Comitato Geologico Nazionale per il loro contributo scientifico

Stampa: **A.T.I.** - **SYSTEMCART** srl - **L.A.C.** srl - **S.EL.CA.** srl - **2010**

PROGETTO CARG

INDICE

I - INTRODUZIONE ..... Pag. 7
1. - CRITERI ADOTTATI PER IL RILEVAMENTO ..... » 9
1.1. - PARTE A TERRA ..... » 9
1.2. - PARTE A MARE ..... » 9
2. - STRUTTURAZIONE DELLA LEGENDA E SCELTA DEGLI SCHEMI BIOZONALI ..... » 11
3. - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ..... » 12
3.1. - GEOMORFOLOGIA DELLE AREE EMERSE ..... » 12
3.2. - GEOMORFOLOGIA DELLE AREE SOMMERSE ..... » 14
3.2.1. - *Il litorale e la fascia sublitoranea* ..... » 14
3.2.2. - *La piattaforma interna* ..... » 15
3.2.3. - *La piattaforma esterna e il ciglio (shelf-break)* ..... » 16
3.2.4. - *La scarpata* ..... » 17
3.2.5. - *I canyons* ..... » 17

II - CENNI STORICI ..... » 19
1. - PARTE A TERRA ..... » 19
2. - PARTE A MARE ..... » 24

III - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE ..... » 25
1. - PARTE A TERRA ..... » 25
1.1. - LA SUCCESSIONE GEOMETRICA DELLE UNITÀ TETTONICHE ..... » 26
1.2. - LE FASI DEFORMATIVE ..... » 26
2. - PARTE A MARE ..... » 32

IV - STRATIGRAFIA DELLE UNITÀ TETTONICHE, DELL'AVAMPAESE E DELLE COPERTURE NEOGENICHE ..... » 35
1. - STRATIGRAFIA DELLE UNITÀ DELL'AVAMPAESE ..... » 36
1.1. - DOMINIO DELFINESE-PROVENZALE ..... » 36
1.1.1. - *Coperture Delfinesi-Provenzali* ..... » 36
1.1.1.1. - Marne e calcari marnosi di Trucco (**TUC**) ..... » 36
1.1.1.2. - Calcareniti di Capo Mortola (**NCM**) ..... » 37
1.1.1.2.1. - *Membro calcareniti di Loreto* (**NCM_1**) ..... » 38
1.1.1.3. - Marne siltose di Olivetta S. Michele (**OSM**) ..... » 40
1.1.1.4. - Flysch di Ventimiglia (**FYV**) ..... » 41
1.1.1.4.1. - *Membro Molini di Triora* (**FYV_1**) ..... » 44
2. - STRATIGRAFIA DELLE UNITÀ TETTONICHE ..... » 44

PROGETTO CARG

2.1. - Zona dei lembi interposti ..... Pag. 44
2.1.1. - *Unità tettonica Baiardo - Triora* ..... » 45
2.1.1.1. - Flysch di Baiardo (**FDB**) ..... » 45
2.2. - Dominio Piemontese-Ligure ..... » 49
2.2.1. - *Unità tettonica San Remo-Monte Saccarello* ..... » 50
2.2.1.1. - Formazione di San Bartolomeo (**SBA**) ..... » 50
2.2.1.2. - Arenarie di Bordighera (**ABG**) ..... » 55
2.2.1.3. - Flysch di San Remo (**FSM**) ..... » 59
2.2.1.3.1. - *Membro Capo Mele* (**FSM_1**) ..... » 59
2.2.1.3.2. - *Membro Villa Faraldi* (**FSM_2**) ..... » 60
2.2.1.3.3. - *Membro San Michele* (**FSM_3**) ..... » 62
2.2.1.3.4. - *Membro San Lorenzo* (**FSM_4**) ..... » 63
3. - STRATIGRAFIA DELLE COPERTURE NEOGENICHE .. » 65
3.1. - Depositi del pliocene ..... » 65
3.1.1. - *Bacino di San Remo-Taggia-San Lorenzo* ..... » 65
3.1.1.1. - Brecce di Taggia (**BDT**) ..... » 65
3.1.1.2. - Argille di Ortovero (**ORV**) ..... » 66
3.1.1.3. - Conglomerati di Monte Villa (**CMV**) ..... » 70
3.2. - Depositi quaternari ..... » 72
3.2.1. - *Depositi delle aree emerse* ..... » 72
3.2.1.1. - Depositi marini terrazzati (**g_{n1-2}**) ..... » 72
3.2.1.2. - Depositi alluvionali terrazzati (**b_{n1-4}**) ..... » 73
3.2.1.3. - Depositi di frana antica (**a_{1b}**) ..... » 74
3.2.1.4. - Depositi di spiaggia (**g_2**) ..... » 74
3.2.1.5. - Depositi alluvionali (**b**) ..... » 75
3.2.1.6. - Depositi di frana (**a_{1a}**) ..... » 75
3.2.1.7. - Coltri eluvio-colluviali (**b_2**) ..... » 76
3.2.1.8. - Detriti di falda (**a_3**) ..... » 77
3.2.1.9. - Detriti di versante, detriti di versante a grossi blocchi (**a**) ..... » 73

V - SISMOSTRATIGRAFIA DELLA PARTE MARINA ..... » 79
1. - IL SUBSTRATO PREPLIOCENICO ..... » 79
2. - IL PLIOCENE ..... » 81
3. - IL PLIO-PLEISTOCENE E L'OLOCENE ..... » 81
3.1. - I corpi del sistema trasgressivo ..... » 82
3.2. - Il corpo superficiale (**HST**) ..... » 83
4. - I SEDIMENTI SUPERFICIALI ..... » 84
5. - GLI AMBIENTI DEPOSIZIONALI ..... » 85
6. - LE RIMOBILIZZAZIONI GRAVITATIVE ..... » 86

PROGETTO CARG

VI - TETTONICA ..... Pag. 89
1. - DESCRIZIONE SINTETICA DELL'ASSETTO TETTONICO ..... » 90
1.1. - Area ad est del torrente Argentina ..... » 92
1.2. - Area compresa tra il torrente Argentina-rio Carpasina ed il fronte della falda, esclusi i settori a S del Monte Bignone. ..... » 93
1.3. - Area compresa tra il torrente Argentina ed il fronte della falda a S del Monte Bignone. ..... » 94
1.4. - Area Triora-Perinaldo ..... » 94
1.5. - Area Buggio-Colla Melosa ..... » 97
2. - IL DOMINIO PIEMONTESE-LIGURE ..... » 97
2.1. - Unità tettonica San Remo-Monte Saccarello ..... » 97
3. - IL DOMINIO SUB-BRIANZONESE ..... » 99
3.1. - Unità tettonica Baiardo-Triora ..... » 99
4. - IL DOMINIO DELFINESE-PROVENZALE ..... » 101
4.1. - Zona di avanfossa-avampaese ..... » 101
5. - EVENTI NEOTETTONICI ..... » 102
5.1. - Aree emerse ..... » 102
5.2. - La tettonica fragile Mio-Plio-Quaternaria nella Parte a Mare ..... » 105
6. - SISMICITÀ ..... » 107

VII - SFRUTTAMENTO ANTROPICO DELLE RISORSE GEOLOGICHE ..... » 111
1. - ATTIVITÀ ESTRATTIVE ..... » 111
1.1. - Rocce lapidee ..... » 112
1.2. - Inerti ..... » 112
1.3. - Miniere ..... » 113
2. - ACQUE SORGIVE ED ACQUIFERI ..... » 113

VIII - DISSESTO IDROGEOLOGICO ..... » 115

IX - ABSTRACT ..... » 119

- BIBLIOGRAFIA ..... » 123

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

I - INTRODUZIONE

Il Foglio San Remo 258-271, risulta dall'accorpamento al Foglio 258 San Remo del Foglio 271 Bordighera che ne viene a costituire, con i suoi soli 3,6 km^2 di area emersa, l'estremo margine di SW. Ambedue i Fogli sono compresi nell'unica cartografia geologica ufficiale esistente rappresentata dal Foglio 102 San Remo, alla scala 1:100.000, rilevato da Franchi tra il 1892 e il 1893 ed edito, a seguito di successiva revisione, nel 1926 dal Regio Servizio Geologico d'Italia.

Il Foglio 258-271 San Remo della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 è stato realizzato nell'ambito del Progetto CARG (Legge 226/99) a seguito di convenzione tra il Servizio Geologico Nazionale e la Regione Liguria, che in data 28/02/2002 ha affidato al Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse (DipTeRis), dell'Università degli Studi di Genova, l'incarico di eseguire le attività previste, per la parte a terra, della suddetta Convenzione. Precedentemente, in data 10/7/1995, la Regione Liguria aveva affidato ad Aquater S.p.A. (gruppo ENI) l'incarico di organizzare le operazioni di raccolta dati per la cartografia geologica della parte a mare.

Il Foglio 258 - 271 San Remo è stato realizzato tramite la seguente struttura organizzativa e scientifica.

Responsabile del Progetto: Dr.ssa Giovanna Gorziglia (Regione Liguria).

Responsabile dell'esecuzione del progetto: Prof. Stani Giammarino (Università di Genova).

- Parte a terra

Coordinatore scientifico: Prof. Stani Giammarino.

Direttori di Rilevamento: Prof. Stani Giammarino e Prof. Michele Piazza (Università di Genova) .

Rilevatori: Dr. Carlo Arbarelli, Dr. Raffaello Anfossi, Dr. Ennio Rossi (Amministrazione Provinciale di Imperia); Dr. Gian Mario Dabove, Prof. Stani Giammarino, Dr. Stefano Orezzi, Prof. Michele Piazza, Dr. Davide Rosti (Università di Genova); Dr. Pietro De Stefanis (libero professonista). I settori di competenza, compresi quelli della parte a mare, sono riportati nel quadro di unione a margine della carta.

Gli aspetti geomorfologici sono stati curati dal Dr. Alessandro De Stefanis (libero professionista).

Analisti: Prof.ssa Miriam Cobianchi (Università di Pavia) e Prof.ssa Agata Di Stefano (Università di Catania) per gli aspetti biostratigrafici; Prof. ssa Patrizia Fravega e Prof.ssa Grazia Vannucci (Università di Genova) per gli aspetti paleontologici ed in particolare per le facies algali e a macroforaminiferi; Prof. Michele Piazza (Università di Genova) per gli aspetti petrografici e sedimentologici.

Il rilevamento geologico è stato effettuato negli anni 2003 - 2005 utilizzando, come base topografica, la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000. La carta degli affioramenti, aggiornata anche in base alle analisi petrografiche e biostratigrafiche, è stata informatizzata, sotto la supervisione del Dr. Serafino Angelini della Società L.A.C. di Firenze, dal Dr. Stefano Orezzi e dal Dr. Davide Rosti (Università di Genova) con la collaborazione di Gaetano Salvemini responsabile del laboratorio di cartografia del Dipteris (Università di Genova) ed è stata trasferita sulle basi topografiche CTR alla scala 1:25.000 a cura della suddetta Società.

- Parte a mare

Coordinatore scientifico: Prof. Francesco Fanucci (Università di Trieste).

Direttore di rilevamento: Prof. Francesco Fanucci.

Rilevatori: Dr. Danilo Morelli, Dr.ssa Angela Cuppari (Università di Trieste).

I rilievi geofisici e i campionamenti sono stati programmati dal Coordinatore scientifico e Direttore del Rilevamento e sono stati eseguiti, nel corso dell'autunno del 1998, da Aquater per mezzo della società operatrice G.A.S. di Bologna. L'esecuzione di tali rilievi è stata supervisionata dal Dr. Danilo Morelli (Università di Trieste).

Analisti: Dott. Furio Finocchiaro per gli aspetti sedimentologici (Università di Trieste).

PROGETTO CARG

1. - CRITERI ADOTTATI PER IL RILEVAMENTO

1.1. - Parte a Terra

Il criterio di rilevamento adottato è stato quello di cartografare unità litostratigrafiche (gruppi, formazioni e membri) rispondenti agli orientamenti che hanno uniformato la cartografia geologica ufficiale sin dagli anni '60. Va precisato che, per quanto concerne le coperture plio-quaternarie, queste, pur presentando alternanze di eventi deposizionali e fasi erosive stratigraficamente comprese tra superfici di inconformità, risultano non significative a livello di bacino e quindi non distinguibili dal punto di vista cartografico. Dato che queste si sviluppano attraverso litologie piuttosto uniformi (conglomerati con livelli sabbiosi), secondo l'approccio litostratigrafico sono state accorpate in un'unica unità distinguendo all'interno delle stesse le diverse litofacies.

1.2. - Parte a Mare

Per quanto esista una letteratura abbastanza nutrita sul margine mediterraneo delle Alpi Liguri, essa interessa solo marginalmente le problematiche inerenti la cartografia geologica dei fondali. All'inizio del progetto CARG la natura e densità dei dati disponibili erano del tutto inadeguate ad un cartografia a scale 1:25.000 e 1:50.000. Nondimeno esisteva una rete di profili sismici presso il DipTeRis di Genova, acquisiti nell'ambito di diverse campagne, a maglia rada, ma mirati a delineare un quadro d'insieme dell'assetto strutturale della zona e dei processi dinamici che la interessano. Esistevano anche informazioni areali e puntuali sulla sedimentologia della piattaforma. Le conoscenze pregresse sono state integrate nel Progetto e ne costituiscono parte non trascurabile.

L'area dei fogli 258 e 271 copre l'estensione marina del Foglio a scala 1:50.000 San Remo più un settore di margine a SW di detto Foglio, compreso nel Foglio Bordighera.

Per quest'area esisteva una cartografia precedente costituita prevalentemente da mappe tematiche, a grandi linee e a varie scale. L'unica cartografia strettamente geologica era rappresentata dallo Structural Model of Italy (1983) e dalla Neotectonic Map Of Italy (1983) edite, a scala 1:500.000, dal C.N.R.

Nell'ambito specifico delle operazioni relative al Progetto ci si è prefissi di ottenere sia una rete di dati dimensionata alle necessità cartografiche, sia un approfondimento delle conoscenze geologiche generali sull'area e di quelle sismostratigrafiche e tettoniche in particolare (fig. 1).

PROGETTO CARG

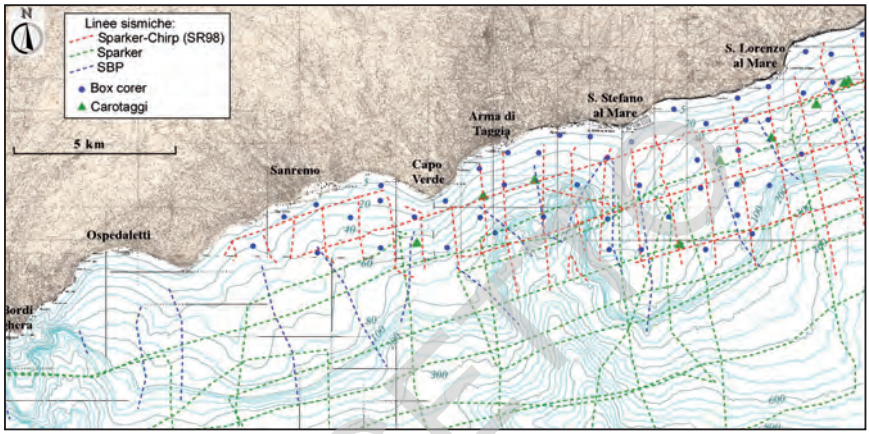


Fig. 1 - *Ubicazione delle linee acustiche e dei campionamenti effettuati in ordine al progetto.*

Il Progetto ha quindi comportato l'esecuzione di rilievi originali comprendenti:

- batimetria con ecoscandaglio;
- sismica a riflessione ad altissima risoluzione (subottom CHIRP) per il rilievo dei caratteri e delle potenze dei livelli sedimentari superficiali;
- campionature mediante benna per la definizione della litologia del fondale;
- campionature con carotiere a gravità per indagini dirette sulla natura dell'immediato sottofondo;
- sismica a media risoluzione e penetrazione (Sparker 1-3KJ) per indagini sismostratigrafiche e strutturali.

In totale sono stati eseguiti 125 km di profili, prelevati 51 campioni superficiali e 9 carote.

Le principali novità che derivano dall'analisi dei dati raccolti e dalla loro interpretazione riguardano:

- una migliore definizione sismostratigrafica dei corpi sedimentari tardo pleistocenici e olocenici sulla piattaforma;
- la definizione dei processi di rimobilizzazione gravitativa dei sedimenti superficiali sul fronte della piattaforma e sulla scarpata e l'individuazione delle principali aree di instabilità;
- l'individuazione di aree di affioramento o subaffioramento delle sequenze messiniane e del substrato pre - miocenico;
- la definizione del quadro strutturale di dettaglio.

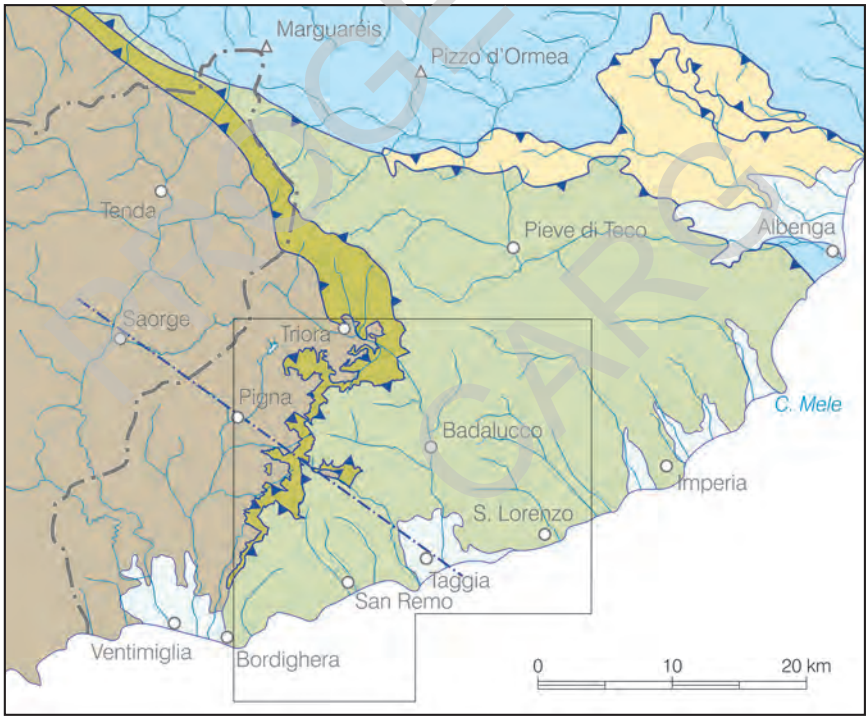
Per la batimetria ci si è avvalsi dei dati forniti dall'I.I.M. integrati dalle levate eseguite nel corso della campagna di rilevamento. Per la sismostratigrafia ad alta risoluzione si sono utilizzate anche alcune linee subottom EDO 333 di proprietà del DipTeRis dell'Università di Genova. La cartografia di base, per la prima fase di restituzione a scala 1: 25.000, è quella della Carta Tecnica della Regione Liguria.

PROGETTO CARG

2. - STRUTTURAZIONE DELLA LEGENDA E SCELTA DEGLI SCHEMI BIOZONALI

Per la parte a terra i grandi domini paleogeografici strutturali presenti nell'area del Foglio (il Dominio Piemontese-Ligure con l'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello, la "Zona dei lembi interposti" qui rappresentata dall'unità tettonica Baiardo-Triora, il Dominio Delfinese-Provenzale rappresentato dall'avampaese europeo) hanno fornito il quadro di riferimento entro cui sono state cartografate le varie formazioni (fig. 2).

Si è ritenuto opportuno strutturare la legenda secondo un criterio litostratigrafico che, in aderenza a quanto stabilito dal Servizio Geologico Nazionale (SGN) nelle fasi iniziali del Progetto CARG, è stato applicato anche alle varie unità



LEGENDA:

- Depositi marini e continentali (Pliocene-Quaternario)
- Avampaese Delfinese Provenzale
- "Zona dei lembi interposti"
- Unità Piemontesi Liguri
- Unità Piemontesi
- Unità Brianzonesi
- Traccia del sistema trascorrente Taggia-Saorge
- Thrust principali
- Confine di stato

Fig. 2 - *Schema geologico del segmento ligure delle Alpi occidentali tra Albenga e il confine di stato.*

PROGETTO CARG

tettoniche individuate. Per la scelta degli schemi biozonali si è cercato di integrare biozonazioni basate su foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei (BLOW, 1969, 1979; MARTINI, 1971; SISSINGH, 1977; OKADA & BUKRY, 1980; RIO & VILLA, 1987; BERGGREN & MILLER, 1988; RIO *et alii*, 1990; CITA *et alii,* 1996; CATANZARITI *et alii,* 1997), sui macroforaminiferi (SERRA - KIEL *et alii,* 1998).

3. - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

3.1. - GEOMORFOLOGIA DELLE AREE EMERSE

Per quanto riguarda l'idrografia, l'intero territorio coperto dal Foglio San Remo appartiene al bacino tirrenico. Comprende circa il 70% del bacino del torrente Argentina, ossia circa 147 km^2 sui complessivi 208 km^2. Questo risulta il maggiore corso d'acqua che attraversa il Foglio; di esso resta esclusa la sola porzione più elevata e settentrionale.

Verso ponente il Foglio include il settore nord-orientale dell'alta Val Nervia per circa 80 km^2, pari al 43% dell'intero bacino e, verso levante, sempre con riferimento ai corsi d'acqua principali, il torrente Impero per circa il 61% della sua superficie.

Tra i bacini secondari, vi si trovano, a levante i bacini dei torrenti Prino, S. Lorenzo e Caramagna (escluso il suo tratto terminale), nell'area centrale del foglio il torrente Armea e, verso ponente, una porzione dell'alto bacino del torrente Vallecrosia.

Seguono infine numerosi torrenti e rii di estensioni minori, quali ad esempio i rii S. Francesco, S. Romolo e S. Martino nella zona di San Remo o il rio Sasso e (in parte) il torrente Borghetto, verso ponente.

Per quanto riguarda l'acclività, un'analisi d'assieme e a grande scala consente di rilevare una significativa prevalenza dei versanti con pendenza compresa tra 12 e 30%, che rappresentano circa il 72% del totale; mentre i versanti con pendenze inferiori al 12%, confinati soprattutto nel settore costiero e nei fondovalle, rappresentano il 20% circa; infine, le zone particolarmente acclivi, (con valori, in genere, inferiori al 36% e solo locali eccezioni oltre il 40%) sono concentrate nell'estremo settore nord-occidentale del Foglio, occupando il restante 8% del territorio.

L'esposizione dei versanti offre un quadro assai significativo; infatti, si ha una netta prevalenza dei versanti esposti "a mezzogiorno", mentre sono nettamente subordinati i versanti esposti a N e NE.

I parametri essenziali dell'orografia sono altrettanto interessanti per le notevoli indicazioni applicative che essi forniscono.

PROGETTO CARG

La vetta più elevata è rappresentata dal M. Grai (2013 m) situato all'estremo nord-occidentale del Foglio, al confine italo francese, sul versante destro della valle Argentina.

Altre vette importanti sono il M. Ceppo (1627 m), sempre in destra orografica del torrente Argentina, e i monti Carpasina e Grande (rispettivamente 1413 e 1418 m) in sinistra.

Da rimarcare è la forte energia del rilievo: già a pochi chilometri dalla costa si rinvengono cime che raggiungono rapidamente i 500 metri s.l.m. e, sempre su distanze relativamente contenute, i rilievi passano da 500 ad oltre 1000 metri. Un tale assetto determina la presenza di numerosi corsi d'acqua prospicienti la fascia costiera caratterizzati da bacini localmente limitati e con sviluppo longitudinale modesto, ma con assetto tipicamente rettilineo e spesso con pendenze significative.

Il reticolo principale presenta *pattern* da dendritico a sub-dendritico con valli generalmente simmetriche alla macroscala e andamento degli assi minori spesso ortogonale o sub-ortogonale al corso d'acqua principale.

Procedendo dal litorale verso l'entroterra si incontra la fascia costiera, particolarmente antropizzata e densamente urbanizzata, caratterizzata da settori di costa alta rocciosa e assai più ampi tratti di costa bassa, tuttavia terrazzata e orlata da una fascia di depositi da molto ridotta a pressoché assente; infine da brevissimi tratti di spiaggia con sviluppo di arenili prevalentemente ghiaioso-sabbiosi.

Segue una fascia collinare a versanti morbidi, sviluppata particolarmente nell'areale del comune di San Remo. Una fascia di colline basse, terrazzate, allungate trasversalmente alla costa, sono particolarmente frequenti nel settore orientale del Foglio, mentre nel settore occidentale la fascia collinare, piuttosto acclive, è molto a ridosso della costa. Assai prossima alla costa si erge una prima sequenza di spartiacque compresi tra i 4-500 ed i 7-800 metri sul livello del mare, talvolta vistosamente arcuati, come nell'area di Ospedaletti, o marcatamente diagonali e allineati, nei settori centrali e orientali del Foglio, spesso sub-parallelamente alla costa.

Gli elementi geomorfologici risultano condizionati sia dall'assetto strutturale, legato alle fasi deformative duttili, sia dalla diversa erodibilità delle litologie presenti, sia dai più recenti eventi neotettonici. Nella porzione mediana e sud-orientale del Foglio è possibile notare come l'allineamento delle principali fasi plicative, rappresentate da antiformi e sinformi, coincidono con l'orientazione dei principali crinali e corsi d'acqua presenti. Nello specifico è evidente come nel settore sud-occidentale il rio Morga e la Costa Bandita siano orientate come la sinforme di Monte Bignone che nel suo settore occidentale presenta un andamento WNW-ESE per poi progressivamente assumere un andamento NW-SE, mentre il Rio Battagli e il Rio Sasso presentano un'orientazione da NE a SW, concordemente alle strutture dovute ad una fase deformativa ortogonale alla precedente.

PROGETTO CARG

L'accentuata incisione delle valli e l'intersezione delle principali lineazioni sono dovute a fasi neotettoniche, che venendo ad intersecare l'assetto tettonico preesistente, provocano fasce di taglio e conseguenti zone di distensione e di accorciamento.

I depositi pliocenici (**BDT**, **CMV**, **ORV**), che costituiscono buona parte delle colline prospicienti la costa, danno luogo ad una morfologia morbida, con versanti poco acclivi e dall'aspetto terrazzato.

La presenza dell'unità tettonica Baiardo-Triora, interposta tra il fronte della falda e l'avampaese, segna nei settori occidentali del Foglio, addolcimenti dei pendii.

3.2. - Geomorfologia delle aree sommerse

La piattaforma e la scarpata continentale comprese nell'area dei Fogli 258 e 271 hanno morfologia articolata con netta distinzione tra i due domini che si realizza come marcata rottura di pendio (ciglio della piattaforma) talora accentuata dalla presenza di un particolare corpo sedimentario, definito in letteratura "accumulo frontale" (Fierro *et alii*, 1973). Elemento morfologico rilevante è il *Canyon* di Taggia (*Canyon* dell'Arma *Auct.*), che interessa l'area centrale del Foglio con una testata bipartita e irregolare. Al limite del Foglio 271 compare il ramo orientale del *Canyon* di Bordighera (*Canyon* del Roja *Auct.*), la cui testata tripartita spinge un apice sino alla zona costiera (Fig. 3).

3.2.1. - *Il litorale e la fascia sublitoranea*

In questa area la costa è articolata in rientranze, sede di spiagge sabbiose o ciottolose, e in aggetti di varia natura; i più importanti tra questi ultimi sono Capo Verde (detto anche Punta dell'Arma) e Capo Nero. Il torrente Argentina genera un modesto aggetto deltizio, mentre, singolarmente, il torrente Armea e il torrente Bussana sboccano rispettivamente al mezzo di Capo Verde e del promontorio su cui sorge l'abitato di S. Lorenzo al Mare. Questa insolita situazione morfologica presuppone una evoluzione del reticolo idrografico influenzata dalla neotettonica.

La fascia sublitoranea sommersa ha morfologia regolare, che non segue le particolarità della linea di costa nel settore orientale del Foglio, mentre diventa più sensibile agli andamenti costieri ad W di S. Stefano al mare, località di fronte alla quale si sviluppa, in direzione N-S una sorta di "promontorio sommerso" che condiziona tutta la morfologia del margine. Ad W di Bussana la batimetrica dei 5 m si avvicina moltissimo a riva, mentre sul lato opposto del foglio permane distanziata per la presenza di non trascurabili corpi sedimentari costieri che formano una fascia pressochè continua. Tra Arziglia e Bordighera anche la fascia su-

PROGETTO CARG

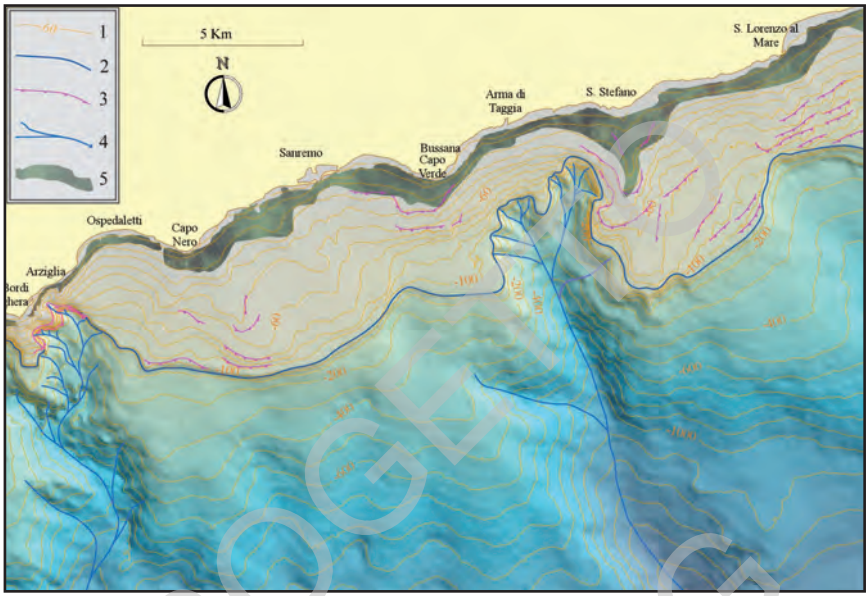


Fig. 3 - *Batimetria ed emergenze morfologico - ambientali del margine in cui è compresa l'area marina dei Fogli 258 e 271*
1) Isobate in metri; 2) Shelf-break; 3) Rotture di pendio sulla piattaforma; 4) Canali di drenaggio e Canyons; 5) Praterie di fanerogame (da Bianchi & Peirano, 1985, modificato).

blitoranea è influenzata dalla presenza del *canyon* sottomarino: l'apice del canale più orientale del sistema, avvicinandosi alla costa, si biforca deformando anche la batimetrica dei -10m.

3.2.2. - *La piattaforma interna*

Data l'esigua estensione della piattaforma nel suo complesso, la distinzione tra piattaforma interna ed esterna, che ha un importante significato strutturale, va intesa, sul piano geomorfologico, come riferita essenzialmente alle variazioni di pendenza. Questa dipende, in piattaforma interna, sia dalle particolarità del substrato sia dalla presenza e dalla potenza dei corpi sedimentari postglaciali ed è mediamente più accentuata rispetto alla zona esterna, di esclusiva costruzione sedimentaria. La distinzione perde ogni significato in corrispondenza delle testate dei *canyons*.

Spicca in piattaforma interna l'aggetto sommerso di S. Stefano al Mare, che corrisponde ad un rilievo del substrato pre-messiniano.

PROGETTO CARG

3.2.3. - *La piattaforma esterna e il ciglio (shelf-break)*

La piattaforma esterna prende generalmente avvio in corrispondenza di sistemi di *step-fault* che determinano un deciso disaccoppiamento strutturale tra zona prossimale e il resto del margine. Talvolta la transizione è marcata da una rottura di pendio, imputabile al fatto che, a S del limite tettonico detto, la piattaforma è costituita esclusivamente da un potente corpo progradante di depositi plio-pleistocenici, ben livellato dall'erosione.

L'unità morfologica in questione ha estensione molto variabile, annullandosi in corrispondenza delle testate dei *canyons*, impostate su depressioni tettoniche trasversali alla costa, che spezzano la continuità della strutturazione longitudinale del margine. Si riduce notevolmente anche sul fronte del rilievo di substrato prospiciente S. Stefano, dove peraltro, la piattaforma raggiunge, nel suo insieme, la massima estensione nell'area in esame.

Il ciglio della piattaforma ha ovviamente andamento tortuoso e caratteri diversi da zona a zona. In letteratura (Fierro *et alii*, 1973) è considerato come un tipico ciglio in avanzamento, grazie alla cosiddetta "struttura di accumulo frontale", prisma di sedimento lutitico che si appoggia ai livelli del sistema di basso stazionamento (LST), e che può essere considerato come prodotto della fase di sedimentazione che accompagna l'inizio della trasgressione, pur non facendo propriamente parte del sistema trasgressivo.

In realtà il corpo sedimentario in questione è presente solo in alcuni limitati tratti dell'area del Foglio. In altri punti il ciglio si presenta stabile o in arretramento.

È da considerare stabile laddove la sua posizione è determinata strutturalmente, come sul fianco orientale del *Canyon* di Taggia. È in arretramento laddove il fronte della piattaforma subisce collassi gravitativi o processi erosivi e gravitativi concomitanti, che producono nette rotture di pendio. La struttura d'accumulo frontale è, a nostro avviso, indizio di ciglio stabile piuttosto che in avanzamento, in quanto non mostra segni recenti di accumolo od erosione (farebbe a rigore parte del sistema di basso stazionamento del livello marino)

3.2.4. - *La scarpata*

Occupa la parte sud-orientale del Foglio 258, in corrispondenza di una vasta rientranza del ciglio della piattaforma, e parte del 271. È rappresentata solo fino all'isobata dei -500m e interessata da scoscendimenti di imponenti masse sedimentarie. È a queste masse, rimaste in gran parte ad occupare la scarpata stessa in condizioni di instabilità, che si deve la morfologia di dettaglio, caratterizzata da pendenze relativamente elevate verso il ciglio (zone di distacco) e più ridotte in basso (zone di accumulo o di stazionamento temporaneo).

PROGETTO CARG

3.2.5. - *I canyons*

Uno dei più importanti *canyon* sottomarini del margine alpino situa la sua testata nell'area del Foglio 258. Esso rappresenta, oltrechè un'emergenza morfologica e ambientale importante, un settore campione per lo studio dei rischi derivanti da frane sottomarine e per la comprensione dei processi di genesi e sviluppo dei *canyon* mediterranei. Canale ben inciso e definito anche a grande profondità, si insinua entro la piattaforma, avvicinandosi parecchio alla costa con una caratteristica testata bipartita. Il ramo occidentale può essere messo in relazione con i Torrenti Armea e Argentina, che sembrano idealmente confluirvi, mentre il ramo orientale, ancor più prossimale alla costa, non ha relazione con alcun importante corso d'acqua. I due rami sono separati da uno sperone di sedimento in via di smantellamento, evidente residuo di una precedente colmata, la cui esistenza sottolinea la recente attività del *canyon* tutto e della testata in particolare (fig. 3).

Il *Canyon* di Bordighera, presente al bordo occidentale del Foglio 271, mostra un ramo E estremamente attivo: in corrispondenza di esso la piattaforma letteralmente scompare e il canale giunge a interessare direttamente la zona costiera. Tra un ramo e l'altro della testata sono presenti lembi residui di piattaforma che, come nel caso precedente, testimoniano di una recente ripresa e intensificazione dei processi erosivi.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

II - CENNI STORICI

1. - PARTE A TERRA

Tralasciando i primi studi sulle catene subalpine meridionali, di Omalius d'Halloy (1810), Buckland (1828, 1829), De la Beche (1829) e Dufrenoy & Elie De Beaumont (1840), il primo contributo sulle tematiche presenti nel Foglio si deve a Pareto che, nel 1846, dà alle stampe la "Carta geologica della Liguria Marittima", nella quale utilizza ed integra con nuovi dati quanto da lui già pubblicato nel 1833 e 1834. Seguono ulteriori contributi stratigrafici, Bellardi (1852) e Sismonda (1852), ma è Pareto (1861) che per primo utilizza il termine di flysch per indicare "le grand triangle de flysch" compreso tra Alassio, Ventimiglia ed il Colle di Tenda. Nel contempo Sismonda (1866) dà alle stampe la seconda edizione della sua "Carta geologica di Savoia, Piemonte e Liguria".

La seconda metà del secolo è caratterizzata da un'intensa attività di ricerca che lascerà una traccia fondamentale per la geologia dell'estremo ponente ligure. Infatti, contemporaneamente ai contributi di Potier (1881) e di Bertrand (1898, 1902), che portano alla pubblicazione da parte del Service Géologique National de France dei primi fogli geologici a scala 1:80.000, viene a realizzarsi la grande opera di Franchi che tra il 1881 e il 1893, realizza, per conto del Regio Servizio Geologico d'Italia, i fogli 1:100.000 "San Remo" e "Imperia" pubblicati nel 1926. Trattasi dell'unica cartografia italiana ufficiale esistente.

Bertrand (1908), continuando le ricerche, produce un originale e quanto mai chiaro schema strutturale sia della Val Roya sia della zona costiera. Questa fondamentale opera viene ad interessare solo marginalmente i settori italiani che, nel frattempo, sono oggetto di studio da parte di Franchi. Egli, a seguito di una serie di importanti contributi sulle Alpi occidentali (1905, 1907), consacra la gran parte dei suoi lavori (1915a, 1915b, 1916) al grande triangolo dei flysch del ponente ligure, fornendo non solo un obiettivo quadro stratigrafico, ma anche un tentativo di correlazione di questo settore con quello dell'"Appennino Genovese". Franchi, che si dimostrava possibilista sulla presenza di terreni alloctoni in alcuni settori delle Alpi occidentali, "les nappes de l'Ubaye-Embrunais", non riteneva vi fossero fenomeni di alloctonia nelle Alpi Marittime in quanto considerava il flysch ad Helmintoidi in continuità stratigrafica con il complesso nummulitico. Queste considerazioni lo inducono ad ammettere un'età priaboniana per il flysch ad Helmintoidi del ponente ligure e ad attribuire al Priaboniano inferiore il flysch sottostante, correlandolo al "grés d'Annot".

Franchi, aldilà delle concezioni fissiste, ha il grande merito di aver apportato fondamentali conoscenze di questo settore delle Alpi Marittime e in particolare la prima suddivisione litostratigrafica del flysch ad Helmintoidi, di cui fornisce una ancor valida rappresentazione cartografica, sostenendo inoltre l'identità tra il flysch de l'Ubaye-Embrunais, il flysch ad Helmintoidi delle Alpi Marittime e quello del Genovesato.

Nel frattempo Boussac (1910, 1911, 1912) formula una moderna interpretazione che lo porta a comparare questo settore delle Alpi Marittime con quello dell'Ubaye-Embrunais, e quindi a riconoscere un insieme di falde di ricoprimento che vengono ad appoggiarsi sul flysch della zona di Ventimiglia. Flysch, quest'ultimo, che anch'egli ritiene assimilabile al "grès d'Annot".

Dopo un lungo periodo di stasi, la scuola francese, dal 1945 in poi, sotto la guida di Fallot, pubblica una serie di fondamentali contributi (Fallot, 1949; Fallot & Faure Muret, 1949, 1954; Faure Muret, 1955; Faure Muret & Fallot, 1955; Faure Muret *et alii,* 1957) non solo sul massiccio cristallino esterno dell'Argentera-Mercantour e sulle sue coperture, ma anche sulla zona dei flysch. Quanto sopra porta a documentare su base micropaleontologica un'età cretacica, compresa fra il Cenomaniano e il Maastrichtiano, del flysch ad Helmintoidi.

Va precisato che, già nel 1951, Merla aveva fornito un'interessante interpretazione, nella quale ritiene che il flysch ad Helmintoidi della Liguria occidentale, da lui attribuito al Cretacico superiore-Oligocene?, è omologo a quello dell'Appennino settentrionale e quindi, come quest'ultimo, alloctono. Il flysch ad Helmintoidi doveva perciò essere sovrascorso sul flysch autoctono sia della zona di Ventimiglia che della zona di Albenga.

Géze (1956, 1960, 1961), sulla base di moderni studi strutturali, evidenzia

PROGETTO CARG

gli eventi deformativi che hanno portato all'individuazione dell'Arco di Nizza, mettendo in evidenza il ruolo della disgiunzione Monaco-Sospel-Breil.

Un primo contributo a carattere sedimentologico sui flysch delle Alpi Marittime franco-italiane si deve a Kuenen *et alii* (1957). Questi autori ne identificano le varie facies e formulano una prima ipotesi sulle possibili aree alimentatrici; studio in seguito (1961) ripreso da Plessmann.

Gli autori francesi, in particolare Lanteaume (1958), riconoscendo un'origine molto interna de "la nappe du flysch à Helmintoides", escludono che questa potesse essere stata la copertura stratigrafica del Dominio Brianzonese e sottolineano l'identità con le successioni litologiche dei flysch ad Helmintoidi del genovesato e della Liguria orientale. Successivamente Lanteaume & Haccard (1960, 1961), Lanteaume *et alii* (1963) tornano su questo argomento fornendo una migliore definizione della stratigrafia de "la nappe du flysch à Helmintoides" e quindi sulla sua possibile collocazione originaria.

Boni & Vanossi (1960) espongono, in un'ampia monografia, i risultati delle ricerche effettuate sul "bacino del flysch della Liguria occidentale", il che li porta ad attribuire all'Eocene alcuni termini della "formazione ad Helmintoidi", ed a fornire un'accurata descrizione delle serie affioranti tra quest'ultima ed il "flysch di Ventimiglia". In questo studio viene ipotizzato che i bacini del "flysch di Ventimiglia", delle "serie interposte", della "formazione ad Helmintoidi" e del "flysch di Albenga" dovevano originariamente essere disposti e quindi succedersi tra il massiccio dell'Argentera Mercantour ed il Brianzonese; concetti ripresi e condivisi da Richter (1961) in uno studio sull' assetto tettonico e stratigrafico dei flysch delle Alpi liguri.

Con un approfondito studio sedimentologico sul flysch della Valle Argentina, Vanossi (1965) fornisce nuovi e fondamentali conoscenze per una migliore definizione delle strutture sedimentarie, delle composizioni mineralogiche e delle correnti di apporto, il che lo porta ad individuare le zone alimentatrici delle torbiditi arenacee nel massiccio corso.

Lo sviluppo delle ricerche porta Lanteaume a redigere un'ampia ed assai documentata monografia (1968) sulla Geologia delle Alpi Marittime franco-italiane, fornendo un fondamentale contributo sia dal punto di vista stratigrafico che strutturale.

Boni *et alii* (1971), nella preparazione della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 Foglio "Albenga-Savona", introducono il termine di "formazione di San Bartolomeo" per definire il termine di "complesso di base" introdotto da Lanteaume (1957).

Perez (1975), approfondendo le problematiche già evidenziate da Géze, apporta nuovi e fondamentali contributi sull'evoluzione strutturale degli archi subalpini.

PROGETTO CARG

Nel frattempo Giammarino & Tedeschi (1969, 1976), Boni & Peloso (1973) e Irr (1975) determinano un sostanziale progresso sulle conoscenze dei lembi pliocenici dell'estremo ponente ligure, di cui vengono definite le facies e l'età. Un primo contributo, Giammarino *et alii* (1978), sui lineamenti neotettonici del Foglio porta alla segnalazione di una importante fascia di trascorrenza destra lungo l'allineamento S. Stefano al Mare-Saorge, lineamento che in seguito verrà citato come Taggia-Saorge, a cui fanno seguito, da parte di Boni *et alii* (1980), nuovi approfondimenti. Proseguendo su queste tematiche, Robba (1981), fornisce un fondamentale contributo sulle malacofaune presenti in due lembi pliocenici del ponente ligure, uno dei quali ricadente nel Foglio San Remo.

Un'ampia monografia, Campredon (1977), sulle formazioni paleogeniche delle "chaînes subalpines" delle Alpi Marittime franco-italiane riporta i risultati di un approfondito studio stratigrafico e ne traccia un interessante quadro evolutivo tettonico-sedimentario dal Cretacico superiore fino all'Oligocene inferiore.

Sagri (1980), in seguito ad una approfondita indagine sedimentologica, attribuisce le "Arenarie di Bordighera" ad una conoide a bassa efficienza di trasporto e di dimensioni ridotte, e viene a precisarne i rapporti con le formazioni sottostanti e laterali. Lo stesso autore, nel 1984, definisce i caratteri litologici, stratimetrici e sedimentologici del "flysch di San Remo". In questo lavoro, sulla base di tre tipologie di strati torbiditici, individua quattro litofacies delle quali evidenzia i rapporti reciproci definendone l'ambiente di sedimentazione, sottolineandone inoltre le loro strette analogie con le coeve formazioni che affiorano nell'Appennino settentrionale.

Un'importante e fondamentale contributo per la conoscenza sulla geologia delle Alpi Liguri si deve a Vanossi *et alii* (1984). In questo studio, anche sulla base di nuovi dati, gli autori mettono in evidenza le problematiche ancora aperte e i risultati sino ad allora acquisiti.

Seguono una serie di studi in cui Marini & Terranova (1985) forniscono nuovi dati sulla litostratigrafia dei flysch della Liguria occidentale e sui loro rapporti strutturali; Di Giulio & Galbiati (1985), individuano nell'ambito della "formazione di San Bartolomeo", quattro diverse litozone; Di Giulio (1987) presenta nuovi dati sull'evoluzione strutturale della porzione più elevata dell'edificio strutturale del flysch del ponente ligure ed infine Marini (1988) delinea un'evoluzione tettonico sedimentaria dei flysch cretacico-eocenici.

Di rilevante interesse risulta la nuova Carta Geologica 1:50.000 del Foglio "Viève-Tende" (Lanteaume, 1990), BRGM, che viene a coprire un limitato settore della estremità NW del Foglio.

Un'accurata indagine biostratigrafia sul flysch ad Helmintoidi delle Alpi Marittime franco-italiane, basata su nannoflore calcaree, permette a Mannivit & Proud'homme (1990) di attribuire la "litofacies di sottili strati calcarei"

PROGETTO CARG

della "formazione di San Bartolomeo" al Campaniano Superiore, le "Arenarie di Bordighera" al Maastrichtiano inferiore-medio, il "flysch di San Remo" a dominante calcarea al Maastrichtiano medio-superiore e quello a dominante marnosa al Maastrichtiano superiore. Ulteriori dati biostratigrafici vengono forniti da Cobianchi *et alii* (1991) sulla"formazione di San Bartolomeo", che viene attribuita al Hauteriviano superiore - Campaniano superiore.

Si susseguono alcuni contributi in cui Di Giulio & Galbiati (1991) forniscono un nuovo modello interpretativo alle facies caotiche presenti nei flysch della Liguria occidentale e Merizzi & Seno (1991) individuano le modalità di traslazione dell'unità San Remo-Monte Saccarello.

Un interessante quadro d'insieme è rappresentato dalla Guida Geologica delle Alpi Liguri coordinata da Vanossi (1994, mentre considerazioni a carattere geodinamico, sull'evoluzione della zona di convergenza alpino-appenninica, sono sviluppate da Di Giulio (1996).

Madeddu *et alii* (1996) approfondiscono, su base strumentale, il regime delle deformazioni che interessano attualmente le Alpi sud-occidentali, mettendo in evidenza settori interessati da meccanismi transtensivi e transpressivi con particolare riferimento all'allineamento Taggia-Saorge.

Infine, sulla base di nuovi dati di terreno, Galbiati & Cobianchi (1997) ribadiscono l'indipendenza tettonica tra l'unità di San Remo e quella di Moglio Testico, in contrapposizione a Foucault & Powichrowsky (1984) che ne sostenevano una continuità stratigrafica.

A Schroeder & Carobene (1997) si deve un importante studio nel quale viene affrontata l'evoluzione sedimentaria del piccolo bacino pliocenico di Taggia-Bussana.

Lo stesso argomento viene ripreso e approfondito in uno studio di Marini (2000) in cui l'autore delinea, utilizzando nuovi dati di terreno, la stratigrafia fisica e quindi l'evoluzione sedimentaria dei depositi pliocenici, che ricollega ad un complesso di delta-conoide in continua evoluzione.

Un'importante sintesi sulla sismotettonica della Liguria occidentale, Eva *et alii* (1992, 1999), evidenzia le strutture sismogenetiche sia a mare sia a terra. In questo lavoro viene dato particolare risalto al ruolo rappresentato dalle fasce di trascorrenza Monaco-Sospel-Breil e Taggia-Saorge.

Un'indagine idrogeologica di Peloso & Cameron (2001) ha portato ad individuare le caratteristiche idrogeologiche ed idrodinamiche dell'acquifero di subalveo del torrente Argentina.

Infine nel 1997 e nel 2003 vengono pubblicate da parte della geoSARC su incarico della Regione Liguria due carte geologiche con elementi di geomorfologia in scala 1:25.000 (Tavoletta Badalucco e Tavoletta Taggia).

PROGETTO CARG

2. - PARTE A MARE

A parte l'attività pionieristica in oceanologia del Principe Alberto I di Monaco, le ricerche geologiche propriamente dette sulla zona sono iniziate nell'immediato dopoguerra con l'esecuzione di levate batimetriche ad opera di ricercatori francesi e monegaschi, in particolare il Bourcart (1948, 1958). Affinate e proseguite negli anni '60 da ricercatori francesi e italiani, quali lo stesso Bourcart (1960, 1963), Alinat *et alii* (1966,1969), Segre (1960) e Angrisano & Segre (1969), hanno conosciuto una notevole intensificazione negli anni '70 ed '80, anche grazie ai Progetti Finalizzati del C.N.R., soprattutto in funzione dell'interesse che il Bacino Ligure e i suoi margini suscitavano per la definizione dei modelli geodinamici di evoluzione del Mediterraneo occidentale e delle catene vicine. Si vedano i lavori di Alvarez (1972), Auzende et *alii* (1973), Burrus (1989), Fanucci & Nicolich (1984), Irr (1975), Le Pichon *et alii* (1971), Rehault *et alii*, (1974), Rehault *et alii,* (1984) per citarne solo alcuni. Il tema veniva ripreso più volte in sede internazionale da autori di spicco, ma raramente si tenevano in considerazione i dati relativi alle parti prossimali dei margini. Un altro tema sviluppato in quegli anni, fonte di polemiche anche accese, è stato quello relativo alla presenza e diffusione delle Evaporiti messiniane in Mediterraneo Occidentale, poste in luce dalle perforazioni della nave oceanografica Glomar Challenger. In questo caso si giunse ad una netta contrapposizione tra un gruppo di autori di diverse nazionalità, gli uni più attenti ai caratteri del fondo del Bacino, prevalentemente francesi, gli altri orientati alla geologia dei margini e delle coste. Valgano per il primo gruppo i lavori di Cita (1973, 1974, 1979), Hsu (1973, 1978), Hsu *et alii* (1973), Nesteroff (1973), Ryan (1973, 1976) e per il secondo Adams *et alii* (1977), Auzende *et alii* (1971), Bellaiche (1972), Clauzon (1973), Fanucci (1986), Groupe Estocade (1978), Lefebvre (1979), Nesteroff (1973) Nesteroff & Glazon (1975).

Grande interesse per la zona venne suscitato in quegli stessi anni dalla frana sottomarina di Nizza (Gennesseaux *et alii* (1980). L'area venne scelta dalla Comunità Europea, negli anni '90, come zona campione per lo studio dei fenomeni di rimobilizzazione gravitativa di masse sedimentarie in prossimità della costa e dei rischi connessi. Attualmente sono in progetto studi sia di parte italiana che francese, intesi a precisare i caratteri sismotettonici dell'area e tutte le fenomenologie che possono ingenerare *tsunami* anche solo di importanza locale.

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

III - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

1. - PARTE A TERRA

L'estremo ponente ligure costituisce un anello fondamentale per la conoscenza del segmento meridionale delle Alpi Marittime, in cui sono presenti, procedendo da W verso E, sia zone dell'avampaese europeo sia il fronte delle falde alpine. Queste ultime vengono a costituire la parte sommitale dell'edificio alpino e sono rappresentate da successioni sedimentarie originariamente ubicate nell'area oceanica mesozoica interposta tra la placca europea (blocco Iberico-Sardo-Corso) e la placca africana (blocco Adriatico).

Nell'area del Foglio, e più precisamente nella porzione attualmente emersa dello stesso ed esumata a partire dall'Eocene superiore, vengono a contrapporsi realtà geologiche diverse che testimoniano le ultime fasi dell'orogenesi europa-vergente, documentate dalla presenza sia di settori di avampaese-avanfossa sia dal fronte più avanzato delle falde alpine. La peculiarità è rappresentata dal fatto che il fronte delle falde risulta costituito dalle unità più interne, e quindi di pertinenza dell'oceano Piemontese-Ligure, che risultano traslate e quindi sovrascorse sui domini più esterni, Piemontese e Brianzonese. Questo evento si sviluppa tra la costa ligure ed il colle di Tenda. Più a nord il fronte delle falde pennidiche risulta caratterizzato da unità Brianzonesi e Sub-Brianzonesi. Quanto sopra determina che nell'area del Foglio compaiono sia unità tettoniche riconducibili a bacini

sedimentari con substrato di crosta oceanica, sia unità di crosta continentale. Queste ultime risultano sia in posto che tettonicamente interposte tra l'avampaese ed il fronte delle falde. Assumendo un trasporto tettonico prevalentemente verso SW, l'attuale posizione geometrica delle unità tettoniche e le caratteristiche litostratigrafiche dei settori da esse non interessate documentano unità appartenenti ad almeno due domini paleogeografici, ciascuno caratterizzato da una propria sequenza stratigrafica e storia deformativa.

L'estensione temporale delle coperture sedimentarie presenti in questi domini risulta, nell' area in cui ricade il Foglio, variabile. Quelle legate al substrato oceanico risultano di più breve durata, non potendo essere anteriori a quest'ultimo e non posteriori agli eventi collisionali. Va inoltre sottolineato che, nell'ambito delle varie unità tettoniche, gli spessori delle varie unità litostratigrafiche non sono sempre costanti, in quanto hanno subito laminazioni e *rabotage* basale.

1.1. - La successione geometrica delle unità tettoniche

In ordine di sovrapposizione, dall'alto verso il basso, le unità tettoniche che affiorano nel Foglio sono: unità tettonica San Remo-Monte Saccarello e unità tettonica Baiardo-Triora. Queste due unità sono presenti lungo un ampio settore che si estende dal Colle di Tenda sino a Bordighera, che rappresenta il fronte più avanzato dell'edificio Alpino. Mentre la prima unità ha una derivazione da ambienti molto interni, coperture sedimentarie della crosta oceanica (Dominio Piemontese-Ligure), l'unità Baiardo-Triora presenta caratteristiche ricollegabili all'ultima avanfossa alpina, sul Dominio Delfinese-Provenzale, in seguito implicata in movimenti tardivi rispetto alla prima messa in posto delle falde.

1.2. - Le fasi deformative

L'attuale catena montuosa delle Alpi Liguri è formata da enormi masse rocciose che, in seguito alle deformazioni della litosfera durante l'orogenesi, sono state dislocate dalla loro posizione originaria ed impilate una sull'altra. La loro posizione geografica iniziale, precedente l'orogenesi, doveva quindi essere sostanzialmente diversa da quella odierna.

È spesso sostanzialmente impossibile ricollocare ogni unità tettonica in un' area che possa essere delimitata mediante precisi riferimenti all'odierno reticolo di meridiani e paralleli, meno difficile è invece, nell'ambito di una certa regione (ad esempio un segmento della catena Alpina), stabilire la posizione relativa reciproca occupata dalle varie unità tettoniche. Un metodo concordemente impiegato per delineare la paleogeografia delle aree corrugate fa riferimento alla

PROGETTO CARG

direzione verso cui le falde sono state traslate: si definisce esterno il settore verso il quale avviene il trasporto tettonico e interno quello dal quale le falde prendono origine. Una possibile situazione paleogeografica prima dell'orogenesi Alpina vede l'oceano Piemontese-Ligure collocato tra i due paleocontinenti Europeo ed Africano: si tratta di un bacino relativamente ristretto, caratterizzato da sedimenti che si sono depositati su litosfera oceanica.

I tre principali Domini distinti nell'Europa, procedendo dall'esterno verso l'interno, sono denominati Delfinese-Provenzale, Brianzonese, Piemontese, quest'ultimo corrispondente al margine continentale prospiciente il suddetto oceano.

Le fasi principali dell'orogenesi alpina si realizzarono nel settore delle Alpi Liguri all'incirca tra 90 e 40 milioni di anni, attraverso l'avvicinamento e la successiva collisione dei due paleocontinenti. Ciò produsse, oltre a subduzioni e riesumazioni, le deformazioni sia dei materiali oceanici interposti, sia di quelli continentali più vicini alle zone di margine, e quindi la loro traslazione verso l'avampaese venendo a formare un edificio a falde di ricoprimento.

Ciascuna di queste costituisce oggi un'unità tettonica o stratigrafico-strutturale caratterizzata da una certa successione di terreni e da una determinata posizione geometrica nell'edificio, elementi che sono spesso sufficienti per identificare, con le limitazioni sopra dette, il Dominio paleogeografico da cui provengono.

L'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello si è deposta all'interno dell'oceano Piemontese-Ligure in prossimità del margine Europeo. Con la chiusura dell'oceano Piemontese-Ligure, viene traslata fino alla posizione attuale e cioè al di sopra del Dominio Delfinese-Provenzale. Questa unità è quella che, all'interno del Foglio, presenta l'assetto tettonico più complesso.

Le evidenze sul terreno e l'andamento dei contatti fra le varie formazioni hanno permesso di individuare figure d'interferenza a piccola e a grande scala.

Nella formazione del "flysch di S. Remo" (**FSM**) e nella "formazione di S. Bartolomeo" (**SBA**), sono state rilevate fasce di taglio semifragili all'incirca subverticali e orientate in varie direzioni, rappresentate da due famiglie di piani i quali si intersecano mantenendo un angolo costante reciproco di circa 20° (fig. 4a, 4b).

Le più antiche deformazioni sono di carattere sinsedimentario e sono state riscontrate unicamente all'interno dei singoli strati sia nelle unità presenti nella falda che nel "flysch di Ventimiglia". Nel primo caso, evidenziano fasi deformative che investono il bacino in cui andavano depositandosi, nel secondo sono legate alla dinamica del bacino di avanfossa (fig. 5, 6). Esse corrispondono a frane e colate sottomarine, pieghe sinsedimentarie e strutture a cingolo. È da riferire ad un evento sicuramente più tardivo, correlabile, più che a fasi diagenetiche, ad una prima fase tettonica, la formazione di vene di calcite e quarzo aventi spessore variabile da millimetrico a centimetrico (fig. 7). Queste risultano sempre ripiegate dalle altre fasi deformative e quindi loro antecedenti. Galbiati & Roda (1989),

PROGETTO CARG

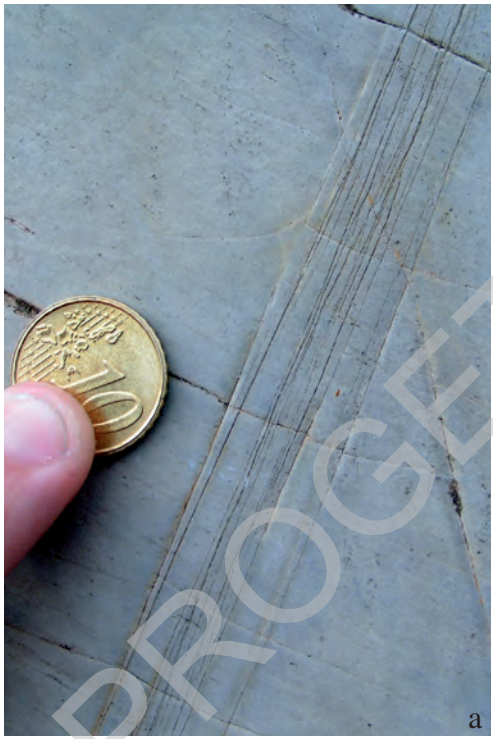


Fig. 4a/b - *Fasce di taglio semifragili all'incirca subverticali rilevate all'interno di strati calcareo-marnosi del "flysch di S. Remo"* (**FSM**). *Località Monte Bignone.*

PROGETTO CARG

Fig. 5 - *Struttura ad uncino, per deformazione plastica successiva a rottura di uno strato competente "flysch di S. Remo" (***FSM***). Località Monte Bignone.*

Fig. 6 - *Piega rovesciata sinsedimentaria "overturned slump fold" per avvolgimento a cingolo. "Flysch di Ventimiglia" (***FYV***) ad ovest di Triora lungo la strada che porta alla Madonna di Loreto.*

PROGETTO CARG

le segnalano nell'unità Moglio Testico, e le riferiscono allo scollamento, per *stress* subparalleli alla stratificazione, e sarebbero quindi state coinvolte dalle successive fasi deformative D1 e D2, già in precedenza segnalate da Merizzi & Seno (1991) in alta Valle Argentina. Questi autori distinguono una prima fase D1, riscontrabile esclusivamente nella "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), con assi compresi tra 80° e 120° N e piani assiali che immergono in direzioni opposte, ed una seconda D2 evidente in tutte le formazioni dell'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello. Quest'ultima fase è caratterizzata da pieghe dell'ordine di un migliaio di metri o più, con assi WNW-ESE e piani assiali immergenti verso NE.

Alla scala dell'affioramento sono state individuate, all'interno della "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), Valle Oxentina, figure d'interferenza, tipo 1→2 secondo la classificazione bidimensionale di Ramsay (1967), riconducili a queste due fasi deformative (fig. 8).

È stato osservato come le sopracitate fasce di taglio fragili-duttili, risultino sicuramente successive alla prima delle due suddette fasi e si siano sviluppate fino al momento antecedente l'ultimo movimento delle falde.

A grande scala si può notare come la porzione medio-settentrionale del fronte della falda sia caratterizzata da strutture di tipo plicativo orientate E-W ed ESE-WNW, orientazioni dovute alle due fasi deformative precedentemente descritte.

Fig. 7 - *Vene di calcite e quarzo legate allo scollamento per stress subparalleli alla stratificazione. Formazione di San Bartolomeo (***SBA***). Versante ovest del torrente argentina subito a N di Badalucco.*

PROGETTO CARG

Fig. 8 - *Figura d'interferenza tipo 1→2 secondo la classificazione bidimensionale di RAMSAY (1967), rilevata all'interno della "formazione di San Bartolomeo" (***SBA***). Versante settentrionale della Valle Oxentina.*

Mentre queste vanno ricollegate alla vera e propria messa in posto delle falde alpine, le strutture ad esse trasversali che si sviluppano nella porzione sud-occidentale sono da ricondursi alle fasi tardive collegate all'innalzamento del massiccio dell'Argentera-Mercantour, che determina anche un insellamento verso i settori tirrenici.

Questo evento determina, ad W della nostra area, accavallamenti delle coperture sedimentarie verso S a cui fanno seguito ulteriori deformazioni che, utilizzando le superfici già scollate, le rimettono in movimento sotto l'effetto della gravità. Durante queste fasi si realizza l'Arco di Nizza confinato, o meglio troncato, verso W da "l'accident Monaco-Sospel-Breil". Questo lineamento è caratterizzato da fasce di trascorrenza sinistra che si sviluppano tra zone di maggior e minor scorrimento. Nel settore sud-occidentale del Foglio (Ospedaletti, Perinaldo) si manifestano strutture plicative con assi NE-SW con superfici assiali immergenti verso SE e polarità NW di trasporto. Queste ultime fasi deformative determinano ulteriori mobilitazioni non solo del fronte delle falde sui "lembi interposti", ma anche lo scollamento e la traslazione di questi ultimi. Tali eventi sviluppano sia strutture trascorrenti che rigettano i fronti delle falde sia fasce di trascorrenza destra, con orientazione NW-SE, concentrate nella parte medio-occidentale del Foglio lungo l'allineamento Taggia-Saorge.

PROGETTO CARG

In un panorama tettonico di questo tipo è possibile ipotizzare zone di transpressione e transtensione. Nelle zone di transpressione e nelle zone di transtensione il fronte della falda e il bacino di avanfossa ed i settori ad esso limitrofi registrano deformazioni sia fragili, sia duttili.

Nel primo caso il movimento trascorrente può aver causato abbassamenti, innalzamenti e rotazioni di porzioni di terreno, oltre che traslazioni orizzontali in direzioni coniugate alla principale; nel secondo caso alcune porzioni di terreno hanno reagito plasticamente alle forze in atto e hanno di conseguenza generato eventi plicativi che vanno ad interferire con quelli precedenti. Nella zona di avanfossa, il peso della falda e la spinta dovuta alla sua traslazione, ha influenzato buona parte della sedimentazione paleogenica. La porzione di "flysch di Ventimiglia" attigua al fronte della falda ha registrato deformazioni di tipo fragili e duttili meno evidenti nelle zone più esterne.

Si delinea un quadro in cui le aree presenti sia sulla falda del flysch ad Helmintoidi sia nella zona di avampaese, tettonizzatesi in una dinamica di sovrascorrimento, risultano rimodellate dai più recenti eventi deformativi.

2. - PARTE A MARE

L'area marina del Foglio è parte del margine continentale delle Alpi Liguri, delineatosi con l'apertura del Bacino del Mediterraneo nord-occidentale nell'Oligocene superiore-Miocene inferiore (fig. 9). Trovandosi a N della congiungente ideale Nizza-Punta Revellata (Corsica nord-occidentale), esso fa capo al Bacino Ligure s.s., considerato in letteratura come "vertice" dello sfenocasma ligure-provenzale ovvero, più recentemente (Fanucci & Nicolich, 1984; Fanucci, 1986; Fanucci & Morelli, 1994) come bacino di *pull-apart* (rombocasma *Auct.*) molto evoluto, con crosta oceanica in asse.

L'asse del bacino è orientato in senso NE-SW, parallelamente ad una importante famiglia di strutture attualmente responsabili dell'assetto della scarpata continentale. nel suo insieme. Si tratta, con ogni evidenza, di faglie originariamente trascorrenti o trasformi curve, attive nel corso della rototraslazione del blocco corso o di altre parti di crosta ad esso solidali e, nel contempo, del limite tettonico settentrionale degli stessi blocchi in movimento.

Il margine in esame si trova quindi al confine tra una catena giovane a crosta ispessita e un bacino a crosta assottigliata e oceanizzata. Questo rende ragione della sua estrema ripidità e della ridotta estensione.

Terminata la rototraslazione del Blocco Sardo-Corso il Mar Ligure venne interessato da una moderata subsidenza. Nel Miocene medio, alcune aree di sedimentazione si orientarono prevalentemente in senso N-S; certune (non nell'area del Foglio) vennero occupate da facies carbonatiche di piattaforma

PROGETTO CARG

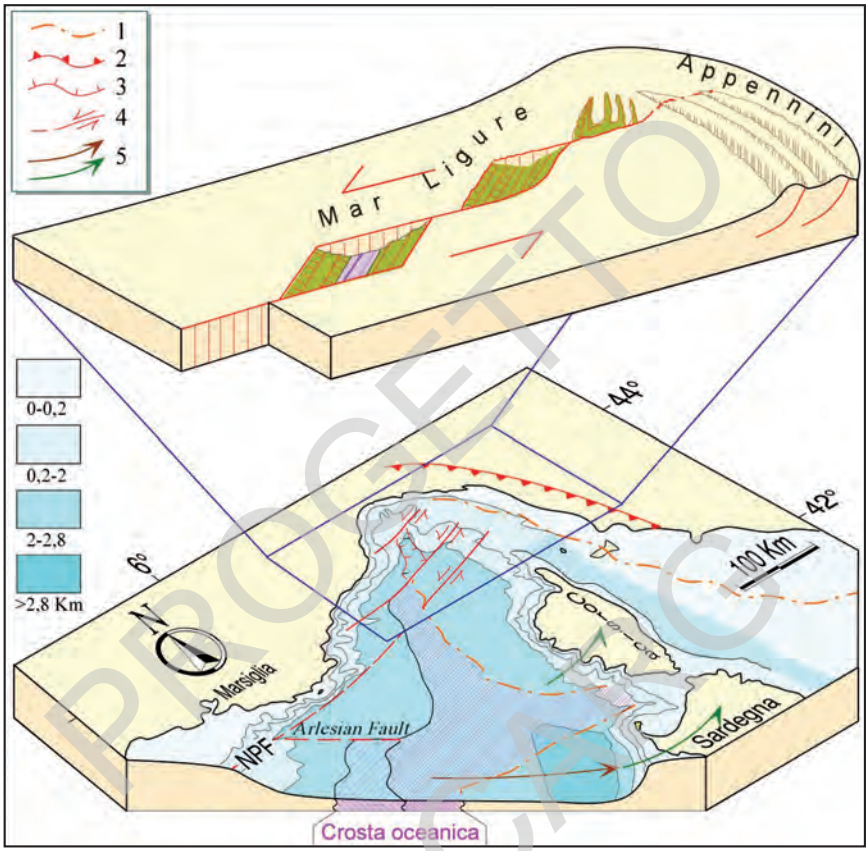


Fig. 9 - *Batimetria, assetto strutturale e meccanismi di apertura del Mediterraneo nord-occidentale nei settori Ligure-provenzale e Sardo-balearico. 1) Limiti attuali del Blocco corso-sardo; 2) Fronte tettonico; 3) Faglie dirette; 4) Faglie trascorrenti e trasformanti; 5) Direzione di deriva del Blocco durante la prima (marrone) e seconda fase (verde); NPF) Faglia nord - pirenaica (da Fanucci & Morelli, 2001).*

(Boni et *alii,* 1967). Una fase tettonica al limite tra Miocene medio e Miocene superiore causò un riassetto morfologico-strutturale di tutta l'area.

La sedimentazione evaporitica e terrigena del Miocene terminale non si limita al Bacino, ma invade le depressioni tettoniche a sviluppo trasversale (paleo*canyon*) portandosi anche nel sottosuolo di zone attualmente emerse come la bassa Valle del Var (Horn *et alii,*1965).

La sedimentazione pliocenica interessa anche zone relativamente ampie della fascia costiera emersa e inizia con facies di brecce e conglomerati, cui fanno seguito facies pelitiche e sequenze ripetute di delta-conoide. La successione viene

PROGETTO CARG

interpretata come il risultato di una serie di oscillazioni eustatiche combinate con una tettonica di collasso del margine (Marini, 2000). Depositi di facies acustica riferibile alle facies litologiche emerse sono reperibili solo nella piattaforma interna. Più al largo prevalgono facies acustiche semitrasparenti e concordanti con i livelli pleistocenici progradanti, analoghe alle "argille di Ortovero" affioranti in piccoli lembi a terra e contenenti faune epibatiali e batiali. Tutto questo porta a ritenere che in quest'area la trasgressione pliocenica sia determinata soprattutto da un collasso tettonico del margine, comprendente anche l'attuale fascia costiera. Parte della zona interessata da tali processi, successivamente si solleva sino a portare i depositi epibatiali a quote intorno ai 500 m.

Tutto questo insieme di processi, difficile da inquadrare nella dinamica di un margine passivo, anche se situato al bordo di una catena giovane in evoluzione, può, in alternativa, essere visto come conseguenza di una incipiente sua trasformazione in margine attivo, presto abortita. Alcuni autori, al contrario, ritengono che il collasso sia dovuto ad una fase disgiuntiva, mentre l'inversione di tendenza sarebbe da imputare ad una ripresa in compressione del margine, connessa all'evoluzione tettonica del massiccio cristallino Argentera-Mercantour, a partire da 3,5 milioni d'anni a questa parte (Bigot-Cormier *et alii* 2004). Questa presunta, prolungata fase compressiva non ha però prodotto deformazioni evidenti né sul margine, né nella zona costiera. Un effetto ad essa ascrivibile potrebbe essere la sismicità, a meccanismi focali compressivi, riscontrata al piede della scarpata continentale, presso il limite tra crosta continentale e crosta di tipo oceanico.

L'evoluzione pleistocenica dell'area è determinata dal concorrere di tre processi:

- le oscillazioni glacioeustatiche del livello marino;
- l'innalzamento della fascia costiera e di parte del margine ad essa solidale, unitamente alla ripresa della subsidenza del Bacino e delle parti più profonde del margine;
- una attività deformativa a carattere prevalentemente fragile.

Gli effetti combinati dei fenomeni detti sono rappresentati a mare da:

- erosioni ripetute della piattaforma che subisce progradazione, ma non aggradazione;
- limitazione della stessa progradazione a causa dei frequenti movimenti gravitativi in massa sul fronte della piattaforma come conseguenza dell'attività tettonica e sismica;
- riattivazione, a più riprese, di alcune strutture trasversali su cui si delineano, con sempre maggiore definizione, i *canyons* sottomarini tuttora attivi.

La dinamica attuale comporta una relativamente intensa attività tettonica di cui sono testimonianza le strutture disgiuntive superficiali e la sismicità.

PROGETTO CARG

IV - STRATIGRAFIA DELLE UNITÀ TETTONICHE, DELL'AVAMPAESE E DELLE COPERTURE NEOGENICHE

Vengono descritte, ordinate in base al loro assetto strutturale, le unità stratigrafiche (litostratigrafiche) presenti nell'avampaese, nelle unità tettoniche e infine quelle che costituiscono le coperture neogeniche. All'interno delle unità stratigrafiche, la descrizione segue l'ordine dall'unità di età più antica a quella più recente.

La descrizione delle unità stratigrafiche è stata strutturata sulla falsariga della scheda proposta dalla Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana per il Catalogo delle Formazioni (si veda Delfrati *et alii,* 2000). La scheda prevede riferimenti in forma sintetica alle seguenti voci:

Nome della formazione, Sigla, Sinonimi, Sezione tipo, Estensione degli Affioramenti, Caratteri litologici di Terreno, Caratteri di laboratorio, Spessore dell'unità e sue variazioni, Rapporti stratigrafici, Fossili, Attribuzione cronologica, Ambiente deposizionale, Dominio paleogeografico di appartenenza, Unita' strutturale di appartenenza.

Questa scelta è stata operata per rendere facilmente consultabili e confrontabili fra loro i dati raccolti nel corso dei rilevamenti di questo e di altri Fogli, e per agevolare un loro eventuale trasferimento in una banca dati.

Nelle descrizioni che seguono sono state omesse quelle voci per le quali non sono disponibili elementi sufficienti di definizione. A questo proposito è

PROGETTO CARG

opportuno far notare che talora, a causa della scarsità degli affioramenti, risulta difficile la definizione di una sezione tipo, intesa nel senso di esposizione continua e completa della successione. Tuttavia, la International Stratigraphic Guide (International Sub-Commission on Stratigraphic Classification, 1994) prevede che, se sono chiari i limiti inferiori e superiori, è possibile e utile designare una sezione tipo anche in condizioni di affioramento sfavorevoli. Tutte queste unità con insufficienti elementi di definizione sono riportate senza iniziale maiuscola a sottolinearne la non completa formalizzazione.

1. - STRATIGRAFIA DELLE UNITÀ DELL'AVAMPAESE

1.1. - Dominio Delfinese-Provenzale

Le coperture sedimentarie dei "massicci cristallini esterni", Argentera-Mercantour, sono rappresentate nel Foglio San Remo esclusivamente da marne e argille marnose attribuite al Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore, sulle quali viene ad impostarsi la trasgressione eocenica.

La trasgressione dell'Eocene medio, oltre a fenomeni di diacronismo, presenta caratteristiche differenti a seconda delle diverse situazioni paleogeografiche su cui viene ad esplicarsi. La base della trasgressione presenta differenti caratteri di facies, legate a differenti situazioni ambientali; in linea generale si può riconoscere:

- un complesso nummulitico, caratterizzato da facies a grandi nummuliti, a molluschi, a coralli isolati, ad assiline e discocycline, datato al Luteziano superiore - Bartoniano inferiore che nei settori più settentrionali, ed in particolare in quelli rilevati, risulta sostituito eteropicamente da calcari algali;
- un complesso a componente più marnosa, definito dai geologi francesi "marnes a globigerines" riferibili al Luteziano superiore - Bartoniano;
- un complesso "flyschoide" alimentato da materiale derivante dalla detrizione di complessi cristallini e cioè sardo-corsi. Tali sequenze attribuite al Bartoniano superiore - Priaboniano inferiore e litostratigrafi camente indicate come "Flysch di Ventimiglia " , assimilabile per posizione stratigrafica al "grès d'Annot".

1.1.1. - *Coperture Delfinesi-Provenzali*

1.1.1.1. - Marne e calcari marnosi di Trucco (**TUC**)

Questa unità informale è stata definita fuori dal Foglio, in un settore in cui sono evidenti i suoi rapporti stratigrafici con le unità sotto e sovrastanti e più precisamente in Val Roya tra Trucco e Fanghetto.

PROGETTO CARG

Sinonimi: "calcari più o meno marnosi" (Franchi, 1926); "marnes et marno-calcaires"; "marno calcaire indifférencié" (Lanteaume, 1968); "calcschistes" (Lanteaume, 1990).

Affioramenti tipici: Ponte di Loreto, Colla della Melosa, in prossimità del monte Toraggio.

Estensione degli affioramenti: Sono concentrati nella porzione nord-occidentale del Foglio per un estensione di circa 12 km^2.

Caratteri litologici di terreno: Calcari più o meno marnosi, in strati e banchi, con intercalazioni di marne che nello sviluppo della serie diventano sempre più fitte e di maggiore spessore. Si tratta di marne e calcari marnosi che vengono a costituire il top delle sequenze mesozoiche e risultano direttamente interessati dalla trasgressione paleogenica.

Caratteri litologici di laboratorio: Le tessiture sono rappresentate da *mudstone* e *wackestone*, con presenza di granuli di quarzo delle dimensioni di silt e di laminette di muscovite, ed ossidi di ferro.

Spessore dell'unità e sue variazioni: spessore variabile con un massimo di 100 metri.

Rapporti stratigrafici: Il contatto con le "calcareniti di Capo Mortola" ("membro calcareniti di Loreto" **NCM$_1$),** che si realizza a seguito della trasgressione dell'Eocene medio, presenta fenomeni di diacronismo.

Fossili: In generale i campioni esaminati contengono associazioni a nannoflore calcaree in cattivo stato di conservazione; è stato, in alcuni casi, possibile individuare: *Aspidolithus parcus parcus, Calculites obscurus, Cribosphaerella ehrembergii, Lucianorhabdus cayeuxii, Micula decussata, Quadrum gartneri, Q. gothicum, Q. sissinghii, Q. trifidum, Watznaueria barnesae.* La suddetta associazione permette di attribuire le "marne e calcari marnosi di Trucco" (**TUC**) alla biozona a *Q. trifidum* e quindi al Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore.

Attribuzione cronologica: Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore.

Ambiente deposizionale: Piana bacinale.

1.1.1.2. - Calcareniti di Capo Mortola (**NCM**)

Questa unità informale è stata istituita a Capo Mortola, fuori dal Foglio, dove le sequenze nummulitiche risultano diffusamente citate in bibliografia

Sinonimi: "calcari arenacei e marnoso arenacei" (Franchi, 1926); "calcaire nummulitique" (Boussac, 1912; Lanteaume, 1968); "calcaire gréseuse et calcaire ad algues" (Lanteaume, 1990); "calcari nummulitici" (Vanossi, 1984).

Estensione degli affioramenti: Nell' area considerata è presente esclusivamente il membro "calcareniti di Loreto" (**NCM$_1$**) che si estende lungo ampie fasce nella zona nord-occidentale del Foglio per circa 4 km^2.

PROGETTO CARG

1.1.1.2.1. - *Membro calcareniti di Loreto* (**NCM_1**)

Sinonimi: "calcaires a algues" (Lanteaume, 1968-1990)

Affioramenti tipici: Ponte di Loreto, lago artificiale di Tenarda.

Caratteri litologici di terreno: Calcareniti in grossi banchi, spesso biodetritici, con ricche associazioni a grossi macroforamniferi ed alghe calcaree, con locali orizzonti basali conglomeratici e superfici di stratificazione mal distinguibili, spesso, con passaggio sfumato da strato a strato; i singoli strati non mostrano organizzazioni o strutture interne (fig. 10).

La serie sfuma verso l'alto in strati arenaceo-siltosi e siltoso-arenacei a coralli isolati e foraminiferi.

Caratteri litologici di laboratorio: Arenaria fine, ben classata, scheletro - sostenuta, con scheletro silicoclastico e interstiziale dato da cemento carbonatico. Lo scheletro è caratterizzato da clasti da subangolosi a subarrotondati, costituiti quasi esclusivamente da quarzo mono e policristallino, con prevalente estinzione normale; subordinatamente si incontrano clasti costituiti da calcite detritica, sia geminata sia non, mica bianca e più raramente da feldspati, minerali opachi, mica bruna e clasti polimineralici, quarzo + mica bianca. La frazione fossile è abbondante ed è rappresentata da macroforaminiferi, alghe

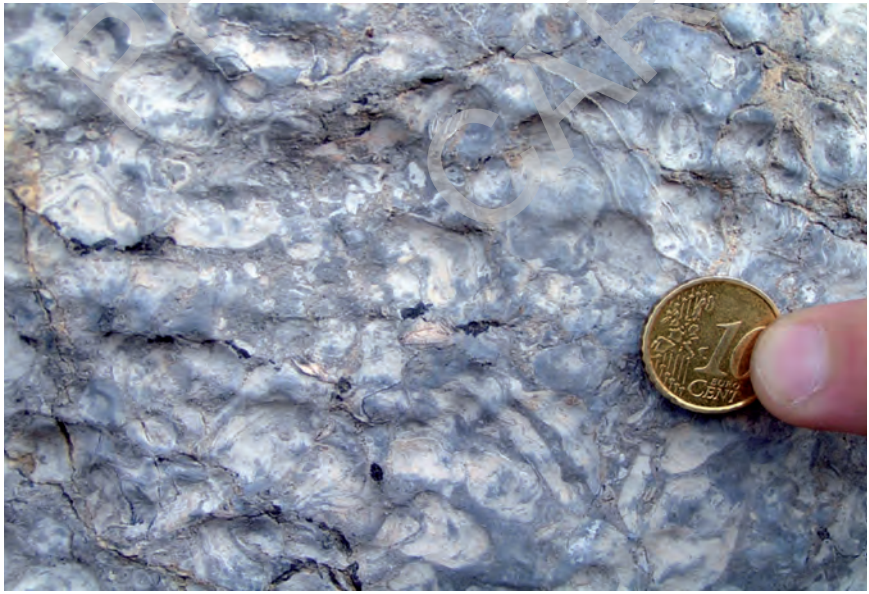


Fig. 10 - *Noduli algali di Corallinales e macroforaminiferi (acervulinidi) "calcareniti di Capo Mortola" ("membro calcareniti di Loreto" NCM_1). Località Loreto.*

PROGETTO CARG

rosse, rotalidi, serpulidi e resti di echinidi. Sono presenti livelli costituiti da *rudstone* a macroidi, localmente *floatstone* con matrice passante a *wackestone* o a *packstone*. Lo scheletro è formato principalmente da talli algali a noduli di *Acervulina ogormani.*

Spessore dell'unità e sue variazioni: Spessori variabili da 70 a 120 metri.

Rapporti stratigrafici: L'unità rappresenta la base della trasgressione nummulitica sulle "marne e calcari marnosi di Trucco" (**TUC**) (fig. 11) e sfuma superiormente nelle "marne siltose di Olivetta San Michele" (**OSM**).

Fossili: I campioni esaminati hanno rilevato la presenza di macroforaminiferi tra cui *Acervulina ogormani*, *A. linearis*, *Assilina exponens*, *Asterocyclina alticostata cuvilleri*, *Discocyclina applanata*, *D. discus*, *D. dispansa sella*, *Gypsyna globulus*, *Nummulites brogniartii*, *N. millecaput*, *N. puschi*, *N. striatus mortolensis*, *N. variolarius*, *Orbitolites complanatus*, *Operculina alpina*, *Operculina* spp., oltre a rotalidi, miliolidi, textularidi. Sono presenti rari coralli isolati tra cui *Asterosmilia niceensis* e *Ilariosmilia subcurvata.* Il contenuto algale è rappresentato da talli di Corallinales sparsi nel sedimento, sia sotto forma di rami liberi sia come noduli spesso intercalati con *Acervulina ogormani*. Si è inoltre riscontrata una coesistenza con altri foraminiferi incrostanti come

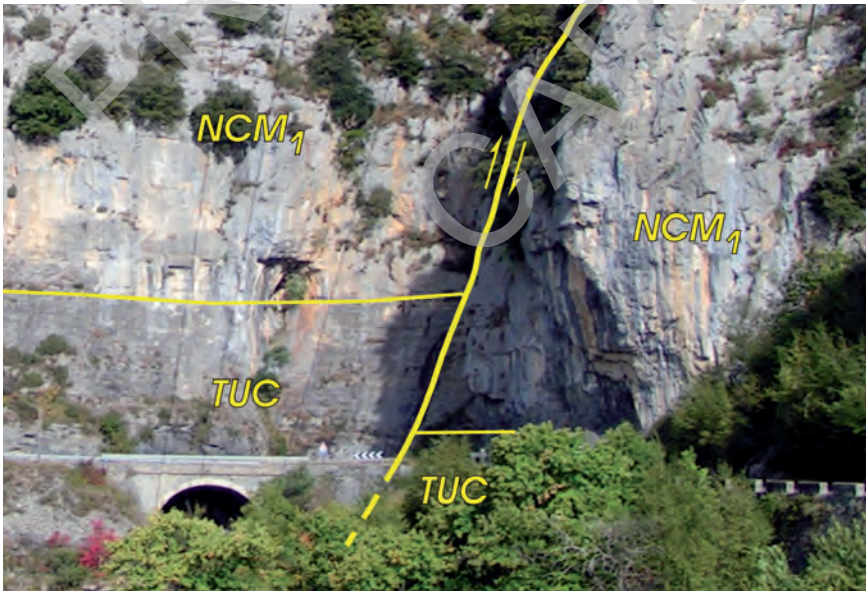


Fig. 11 - *In panoramica (osservando dal Ponte di Loreto verso NE) è visibile il passaggio tra le "marne e calcari marnosi di Trucco" (TUC) in basso e le "calcareniti di Capo Mortola" ("membro calcareniti di Loreto" NCM$_1$) in alto.*

PROGETTO CARG

miniacinidi. Sono state individuate, seguendo la tassonomia di Harvey *et alii* (2003) e di Womersley (1996) le seguenti famiglie con le specie: Sporolitaceae con *Sporolithon lugeoni* Pfender e *Sporolithon* spp., Corallinaceae con *Lithoporella antiquitas* Johnson e *Neogoniolithon* sp.; Hapalidiaceae con *Lithothamnion campredonii* Segongaz, *Lithothamnion carollaisii* Segonzac, *Lithothamnion* spp., *Lithothamniom/Phymatolithon* sp.; Peyssonneliaceae con *Peyssonnellia antiqua* Johnson, *Polistrata alba* (Pfender) Denizot. Spesso i noduli di *Acervulina ogormani* sono intercalati da foraminiferi incrostanti, miniacinidi, che coesistono con rami liberi di Corallinales. Sono inoltre presenti resti e frammenti di gasteropodi, lamellibranchi, briozoi, echinidi e serpulidi. L'associazione a *Assilina exponens, Asterocyclina alticostata cuvillieri, Nummulites brogniartii, N. millecaput, N. puschi, N. striatus mortolensis* permette di attribuire il "membro calcareniti di Loreto" (**NCM_1**) al Luteziano superiore-Bartoniano inferiore.

Attribuzione cronologica: Luteziano superiore-Bartoniano inferiore.

Ambiente deposizionale: Le evidenze sedimentologiche ed il corteo fossile suggeriscono un ambiente infra-circalitorale in condizioni climatiche sub -tropicali.

1.1.1.3. - Marne siltose di Olivetta S. Michele (**OSM**)

Questa unità informale è stata definita fuori dal Foglio, in un settore in cui sono evidenti i suoi rapporti stratigrafici con le unità sotto e sovrastanti e più precisamente in Val Roya, in località Olivetta San Michele.

Sinonimi: "calcari marnosi e marne calcarifere" (Franchi, 1926); "marnes bleues ou grisés" (Lanteaume, 1968); "marnes a globigerines" (Campredon, 1977).

Affioramenti tipici: sud-ovest del lago artificiale diTenarda.

Estensione degli affioramenti: questa formazione si estende lungo fasce relativamente ristrette nella parte nord-occidentale del Foglio.

Caratteri litologici di terreno: marne bluastre alternantesi a più esili livelli di marne siltose marroni chiare, con rari livelli argilloso-sabbiosi. Sono inoltre presenti intercalazioni di banchi calcareo-arenacei e, nella parte alta della successione, livelli centimetrici di arenarie.

Caratteri litologici di laboratorio: le marne siltose sono caratterizzate da biomicrite e biosparite con subordinata e dispersa frazione di silt, costituito da clasti angolosi di quarzo, muscovite, minerali opachi. I bioclasti sono costituiti da frammenti di macroforaminiferi, la frazione fossile risulta moderatamente conservata e rappresentata da abbondanti foraminiferi planctonici, subordinati microforaminiferi bentonici, ostracodi, spicule di spugne. Il contenuto in $CaCO_3$ è mediamente del 40%. Le arenarie risultano a grana fine-media,

PROGETTO CARG

generalmente ben classate, scheletro sostenute, con scheletro prevalentemente silicoclastico e subordinatamente bioclastico, con interstiziale costituito da cemento carbonatico ricristallizzato. Lo scheletro è costituito da clasti da subangolosi a subarrotondati, rappresentati in massima parte da quarzo e K-feldspati prevalenti sul plagioclasio e da una frazione biodetritica.

Spessore dell'unità e sue variazioni: spessore variabile da 40 a 70 metri.

Rapporti stratigrafici: presentano un contatto caratterizzato da un passaggio sfumato alle "calcareniti di Capo Mortola" ("membro calcareniti di Loreto" **NCM**$_1$); verso l'alto sfumano in sequenze torbiditiche argilloso-arenacee che rappresentano il passaggio al "flysch di Ventimiglia" (**FYV**).

Fossili: Nell'area del foglio i campioni hanno fornito foraminiferi planctonici tra cui *Acarinina aspensis, Deutoglobigerina yeguaensis, Globigerinatheka index, G. semiinvoluta, Morozovella lehneri, M. spinulosa, Orbulinoides beckmanni, Subbotina eocaena, S. linaperta, Truncorotaloides rohri* e bentonici tra cui *Alveolina elongata, Anomalina crosserugosa, Cibicides cushmani, C. micrus, C. perlucidus, Eponites haidingeri, Nummulites perforatus, Oolina globosa, Pullenia quinqueloba, Spiroplectamina missipiensis distincta, Uvigerina gallawayi* che permette di attribuire le "marne siltose di Olivetta S. Michele" (**OSM**) alle biozone a *Morozovella lehneri,* a *Orbulinoides beckmanni* ed a *Truncorotaloides rohri* e quindi all'Eocene medio, e più precisamente al Luteziano superiore-Bartoniano. La suddetta attribuzione viene confermata dalle nannoflore calcaree, peraltro non sempre ben conservate che hanno rilevato la presenza di *Coccolithus eopelagicus, C. pelagicus, Reticulofenestra dictyoda, R.* spp., *Ericsonia formosa, Discoaster lodonensis, Sphenolithus moriformis.*

Attribuzione cronologica: Luteziano superiore-Bartoniano.

Ambiente deposizionale: Ambiente pelagico ed emipelagico con episodi di risedimentazione di torbiditi e/o di rielaborazione da parte di correnti di fondo.

1.1.1.4. - Flysch di Ventimiglia (**FYV**)

Sinonimi: "arenarie inferiori" (Franchi, 1894); "grès d'Annot"(Boussac, 1910);"grès d'Annot e flysch oligocéne" (Lanteaume, 1968); "flysch paleogene" (Lanteaume, 1990).

Affioramenti tipici: Lungo la strada Colla Langan-Pigna.

Estensione degli affioramenti: Questa formazione occupa buona parte del quadrante occidentale del Foglio per circa 100 km^2.

PROGETTO CARG

Caratteri litologici di terreno: Arenarie grossolane granoclassate e arenarie fini in banchi e strati con intercalazioni siltoso-arenacee e siltoso-argillose. Sono inoltre presenti livelli argilloso-marnosi a luoghi calcareo-marnosi (fig. 12, 13 a, b).

Caratteri litologici di laboratorio: Le arenarie, con granuli da medi a fini, risultano mal classate, al contrario delle arenarie fini che sono caratterizzate da una buona classazione. Ambedue presentano uno scheletro silicoclastico e interstiziale dato da cemento carbonatico. Lo scheletro è costituito da clasti da subangolosi a subarrotondati, costituiti prevalentemente da quarzo mono e policristallino, con prevalente estinzione piana; subordinatamente sono presenti clasti di feldspati, con prevalenza dei K-feldspati sul plagioclasio, con percentuale assai minore nelle arenarie fini, fillosilicati, maggiormente presenti nelle arenarie fini e rappresentati da biotite, clorite e muscovite, clasti polimineralici con quarzo + feldspato + mica bianca, calcite sia geminata che non.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Da un minimo di 200 metri a 380 metri circa.

Rapporti stratigrafici: Presentano un contatto sfumato con le sottostanti "marne siltose di Olivetta San Michele" (**OSM**) e un contatto di tipo tettonico con il sovrastante "flysch di Baiardo" (**FDB**).

Fig. 12 - *Facies di lobo, evidenziata dalla presenza degli intervalli Tb, c, d. Flysch di Ventimiglia (***FYV***). Strada Molini di Triora - Colla Langan.*

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

Fig. 13a, b - *Alcuni aspetti della facies di lobo. Flysch di Ventimiglia* (**FYV**)*. Strada Colla Langan-Pigna.*

Fossili: In generale sono presenti faune fortemente rimaneggiate con prevalenza di discocicline, alveoline, nummuliti. Alcuni intervalli marnoso-siltosi hanno permesso di individuare nannoflore calcaree significative rappresentate da *Coccolitus eopelagicus, C. pelagicus, Cribrocentrum reticulatum, Cyclicargolithus floridanus, Dictyococcites bisectus, D.* spp., *Ericsonia formosa, Reticulofenestra dictyoda, R. umbilica, Sphenolithus moriformis, Zyghrablithus bijugatus*. L'associazione a *Cribrocentrum reticulatum, Cyclicargolithus floridanus, Dictyococcites bisectus, Ericsonia formosa, Zyghrablithus bijugatus* permette l'attribuzione alla biozona NP17 - NP20 e quindi al Bartoniano superiore-Priaboniano inferiore.

Attribuzione cronologica: Bartoniano superiore-Priaboniano inferiore.

Ambiente deposizionale: Margine interno di avanfossa in evoluzione.

1.1.1.4.1. - *Membro Molini di Triora* (**FYV$_1$**)

Sinonimi: "marnes sableuses micacées" (Campredon, 1977).

Affioramenti tipici: Molini di Triora.

Estensione degli affioramenti: Sono localizzati principalmente nei pressi di Molini di Triora e ad ovest e sud-ovest di Triora.

Caratteri litologici di terreno: Banchi di marne argillose e argillo-marnose scure molto compatte, assimilabili alla "ardesia", spesso di potenza metrica (fig. 14).

Caratteri litologici di laboratorio: Le tessiture sono rappresentate da *mudstone* e *wackestone*, con presenza di granuli di quarzo delle dimensioni di silt e di laminette di muscovite e ossidi di ferro.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Nell'ordine di 10-20 metri.

Rapporti stratigrafici: Si presentano come banchi, nella porzione medio alta delle sequenze marnoso-siltose del "flysch di Ventimiglia" (**FYV**).

Fossili: I campioni esaminati hanno permesso di individuare nannoflore calcaree confrontabili con quelle individuate nei suddetti intervalli marnoso-argillosi e quindi anch'esse attribuibili alla biozona NP17-NP20 e quindi al Bartoniano superiore-Priaboniano inferiore.

Attribuzione cronologica: Bartoniano superiore-Priaboniano inferiore.

2. - STRATIGRAFIA DELLE UNITÀ TETTONICHE

2.1. - Zona dei lembi interposti

Geometricamente interposta tra i terreni delfinese-provenzali e l'Unità tettonica San Remo Monte-Saccarello affiora, in una fascia ristretta, un complesso di

PROGETTO CARG

Fig. 14 - *Banchi di marne argillose e argillo - marnose scure molto compatte, assimilabili alla "ardesia ("flysch di Ventimiglia", "membro Molini di Triora"* **FYV_1**). *Località Molini di Triora.*

terreni denominato "Zona dei lembi interposti" o "Zona dei lambeaux de charriage" equivalente alla zona Sub-Brianzonese mediana interna di Barbier (1960). La presenza di questi lembi viene ad ammettere l'esistenza di una zona intermediaria instabile situata tra i domini esterni e il Dominio Brianzonese. Più precisamente questa zona intermediaria (Sub-Brianzonese) subisce nel corso del Cretacico superiore e del Terziario un'evoluzione tettogenetica lenta e fragile.

2.1.1. - *Unità tettonica Baiardo-Triora*

2.1.1.1. - Flysch di Baiardo (**FDB**)

Sinonimi: "flysch di Baiardo" (Lanteaume, 1956-58); "flysch a blocchi"; "lambeaux de charriage" (Haccard, 1965); "schistes à blocs" (Campredon, 1977).

Affioramenti tipici: Colla Langan, Baiardo, subito a nord di Triora, Drego, Aigovo.

Estensione degli affioramenti: Un'esile striscia che, contornando il fronte dell'unità San Remo-Monte Saccarello con un andamento NNE-SSW, attraversa diagonalmente tutta la parte occidentale del Foglio da Suseneo fino a Triora.

PROGETTO CARG

Caratteri litologici di terreno: Arenarie fini con intercalazioni siltoso-arenacee e siltoso-argillose, arenarie fini con numerose intercalazioni calcaree a patina giallastra inglobanti microbrecce e brecce poligeniche. Sono presenti livelli ad olistoliti. La genesi di questo deposito deriva da una dinamica tettonico-deposizionale legata all'avanzamento dell'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello sui terreni sub-brianzonesi e sull'avampaese delfinese-provenzale. Quanto sopra determina un bacino di sedimentazione caratterizzato da materiale derivante dallo smantellamento del fronte della falda e da materiale trascinato sul fronte della stessa durante il suo carreggiamento (fig. 15, 16). Questo va ricollegato sia a una sedimentazione sintettonica, con piccoli olistoliti (Colla Langan, Baiardo), sia ad elementi riconducibili a scaglie e brecce tettoniche a volte fortemente milonitizzate, ovest di Baiardo).

Ad altezze stratigrafiche variabili sono intercalati olistoliti cartografabili di grosse dimensioni:

- calcari e calcari marnosi compatti grigio scuri (**mc**), sono stati individuati in più affioramenti di cui, quello nei pressi della riva nord del Rio Aigovo presenta un'estensione di centinaia di metri. La presenza di *Globotruncana*

Fig. 15 - *In panoramica sono osservabili, lungo la strada Molini di Triora - Triora olistoliti di notevoli dimensioni inglobati sul fronte della falda dell'Unità San Remo - Monte Saccarello (la valle rappresentata in foto ha direzione NNW-ESE ed è situata ad E di Triora).*

PROGETTO CARG

Fig. 16 - *Sequenze siltoso-argillose inglobanti olistoliti di varia pezzatura. Flysch di Baiardo (***FDB***). Strada Molini di Triora - Colla Langan.*

PROGETTO CARG

spp. permette la loro attribuzione al Cretacico superiore. I caratteri litologici non trovano riscontri nelle sequenze flyschoidi dell'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello e nelle coperture Delfinesi-Provenzali presenti nel Foglio. L'assenza di strutture riconducibili ad una intensa tettonica duttile porta ad ipotizzare la collocazione originaria in un Dominio esterno al Brianzonese;

- calcari marnosi grigio scuri finemente listati con estensione anche chilometrica (**mp**), assimilabili alle "marne e calcari marnosi di Trucco";
- Calcari arenacei compatti (**nc**) fortemente tettonizzati con associazioni a macro-foraminiferi non sempre determinabili, tra cui *Nummulites brognartii*, *Nummulites* spp., *Assilina* spp., assimilabili alle "calcareniti di Capo Mortola".
- arenarie in banchi e strati e livelli argilloso-marnosi e calcareo-marnosi, riconducibili al "flysch di Ventimiglia" (**fv**), diffusamente presenti e con estensione variabile anche di varie centinaia di metri.
- marne e calcari marnosi riconducibili all'unità San Remo-Monte Saccarello (Colla Langan), costituiti da "formazione di San Bartolomeo" (**sb**), "Arenarie di Bordighera" (**ab**) e "flysch di San Remo" (**fs**). Si tratta di blocchi e scaglie di differenti dimensioni da decimetriche a un centinaio di metri (fig. 17);

Fig. 17 - *Olistolite di notevole dimensione, centinaia di metri cubi, presso Colla Langan sulla strada per Colla Melosa, rappresentato da una scaglia appartente all' Unità tettonica San Remo - Monte Saccarello, formazione "flysch di San Remo" (***FSM***).*

Da segnalare inoltre scaglie non cartografabili di dolomie e calcari dolomitici (sponda sud Rio Aigovo). Si presentano in blocchi e scaglie di spessore non superiore alla decina di metri dubitativamente attribuibili ad unità brianzonesi, "dolomie di S. Pietro nei Monti" (Vanossi M. (1994) - *Guide Geologiche Regionali Alpi Liguri).*

Caratteri litologici di laboratorio: Le arenarie contenenti piccoli olistoliti, sono a grana da media a fine, mal classate, scheletro-sostenute, con scheletro silicoclastico e interstiziale dato da cemento carbonatico. Lo scheletro è costituito da clasti da subangolosi a subarrotondati, principalmente di quarzo mono e policristallino, prevalentemente ad estinzione normale, con subordinata presenza di feldspati, e più raramente da mica bianca, clasti polimineralici a quarzo + feldspati + mica bianca, calcite detritica, sia geminata e non, e rarissimi bioclasti indeterminabili.

I piccoli olistoliti inglobati nelle suddette arenarie, sono prevalentemente costituiti da clasti riconducibili, sia per litologia sia per contenuto micropaleontologico, alle formazioni dell'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello. Sono inoltre presenti calcari giurassici e calcari più o meno marnosi del Cretacico inferiore e superiore, del Paleocene e dell'Eocene inferiore e medio.

PROGETTO CARG

Come già rilevato da Campredon (1977), sono individuabili anche alcuni clasti di granito a grana grossa, graniti a muscovite, graniti milonitizzati, gneiss a muscovite, rioliti ignimbrifere, tufi, quarziti. Nelle microbrecce poligeniche, intercalate nelle arenarie fini e siltoso-argillose, sono presenti resti e frammenti di nummuliti, assiline e rotalidi indeterminabili.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Variabile con un massimo di 200 metri.

Rapporti stratigrafici: Questa unità presenta rapporti tettonici con la sottostante unità del "flysch di Ventimiglia" (**FYV**) e la soprastante unità tettonica di San Remo-Monte Saccarello ed in massima parte con le "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) ed in modo subordinato con la "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**) ed il "flysch di San Remo" (**FSM**). Nella strada Colla Langan-Molini di Triora si possono intuire rapporti originari di tipo stratigrafico con il "flysch di Ventimiglia" (**FYV**), che risulta inquinato da piccoli olistoliti e microbrecce immersi in una matrice originatasi dallo smantellamento del fronte della falda in movimento. Questi rapporti originari risultano, per la maggior parte, scollati a seguito dei successivi eventi deformativi che investono il settore.

Attribuzione cronologica: La presenza di microfaune fortemente rimaneggiate non permette una documentata attribuzione biostratigrafica. Avendo riscontrato in più settori che i primi livelli ad olistoliti e gli episodi a microbrecce risultano intercalati nelle sequenze arenacee più o meno siltoso-argillose, che sono al *top* del "flysch di Ventimiglia", si può attribuire il "flysch di Baiardo" (**FDB**) al Priaboniano inferiore.

Ambiente deposizionale: Margine interno di avanfossa in evoluzione.

2.2. - Dominio Piemontese-Ligure

Delle quattro unità tettoniche derivate da questo Dominio paleogeografico e costituenti il "complesso dei flysch del ponente ligure", l'unica unità tettonica presente nel Foglio è l'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello che affiora estesamente in gran parte dell' area all'infuori del settore nord-occidentale del Foglio. Si tratta di successioni depositatesi, originariamente, nell' area oceanica neotetidea, compresa tra il paleomargine continentale africano (Adria) e quello europeo. Questa unità, che risulta strutturalmente in posizione sommitale, rispetto alle altre tre, è stata intensamente coinvolta nell'orogenesi alpina tanto da aver perso non solo il substrato oceanico, ma anche buona parte della sua copertura sedimentaria.

PROGETTO CARG

2.2.1. - *Unità tettonica San Rem2-Monte Saccarello*

2.2.1.1. - Formazione di San Bartolomeo (**SBA**)

Sinonimi: "ps", "H" (Franchi, 1926); "complesso di base" (Lanteaume, 1957).

Affioramenti tipici: Strada Badalucco - Triora (subito a nord di Badalucco); strada Badalucco-Baiardo (Valle Oxentina tra Vignai e Ciabaudo).

L'unità è costituita da cinque litofacies tutte affioranti nel Foglio.

Estensione degli affioramenti: Affiora in modo subordinato (come nucleo di strutture antiformi) nel settore medio occidentale e nell'estremo quadrante nord - orientale del Foglio.

Caratteri litologici di terreno: Nella "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**) sono state riconosciute le seguenti litofacies:

litofacies calcari tipo palombino (**SBA**$_a$) (Cobianchi *et alii,* 1991):

Calcari micritici, calcari marnosi ed arenacei alternantesi con marne e argilliti e siltiti fini.

Affiorano in modo frammentario limitatamente a un piccolo settore della parte nord-orientale del Foglio.

Questa litofacies risulta a contatto spesso in modo caotico con la litofacies sovrastante.

litofacies peliti manganesifere (**SBA**$_b$) (Boni *et alii,* 1971; Sagri, 1980; Di Giulio & Galbiati, 1985):

Sono alternanze ritmiche di argilliti grigio-verdastre e subordinate siltiti in strati sottili, con diffuse spalmature di ossidi metallici, e di areniti fini e finissime. Sono presenti, in modo molto subordinato, sottili strati centimetrici rossi e grigi, a grana molto fine, siliceo-argillosi. Le argilliti sono prevalentemente siltose per la presenza di mica e quarzo detritico (fig. 18, 19).

Questa litofacies presenta contatti stratigrafici ed eteropici con le restanti litofacies: contatto stratigrafico con il "flysch di San Remo" e più precisamente col "membro di Capo Mele" (**FSM**$_1$) e con il "membro di Villa Faraldi" (**FSM**$_2$).

litofacies peliti varicolori (**SBA**$_c$) (Boni & Vanossi, 1960; Lanteaume & Haccard, 1961; Di Giulio & Galbiati, 1985):

Questa litofacies non è molto dissimile dalla precedente ed è caratterizzata dalla colorazione vivace delle argilliti in quanto oltre al grigio si hanno colorazioni verde chiaro e rosso vinato. Sono presenti livelli arenacei grigio chiari e rossastri a granulometria media (fig. 20).

Nella parte alta della serie sono presenti livelli di quarzoareniti.

Questa litofacies presenta contatti eteropici con le litofacies (**SBA**$_b$-**SBA**$_d$-**SBA**$_e$) e contatto stratigrafico sia con le "Arenarie di Bordighera" (**ABG**), sia con il "flysch di San Remo" (**FSM**$_1$-**FSM**$_2$).

PROGETTO CARG

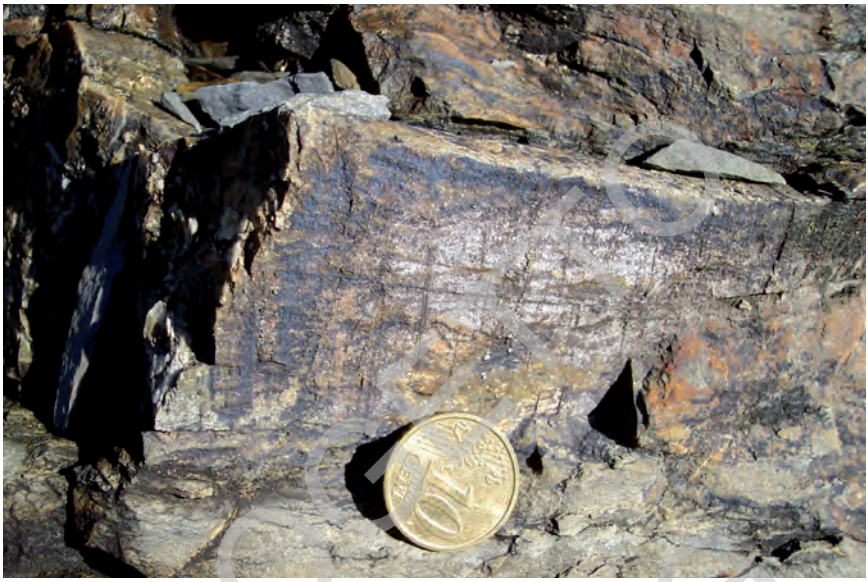


Fig. 18 - *Siltiti in strati sottili, con diffuse spalmature di ossidi metallici ("formazione di San Bartolomeo", "litofacies peliti manganesifere"* **SBA**$_b$*). Località a nord di Badalucco.*

Fig. 19 - *Drag folds in alternanze ritmiche di argilliti grigio - verdastre e subordinate siltiti e areniti fini in strati sottili ("formazione di San Bartolomeo", "litofacies peliti manganesifere"* **SBA**$_b$*). Versante settentrionale della Valle Oxentina, strada Badalucco-Vignai.*

PROGETTO CARG

litofacies quarzoareniti (**SBA_d**) (Di Giulio & Galbiati, 1985):

Strati arenaceo-quarzosi a grana media e fine gradati; i livelli arenacei hanno uno spessore massimo di 30-40 cm, una geometria frequentemente lenticolare e sono interessati da lamine oblique a media scala. Il tetto delle sequenze è rappresentato da argilliti verdi e rosse. Nella parte superiore della serie si hanno intercalazioni di straterelli di calcisiltiti nocciola chiaro (fig. 21).

Questa litofacies presenta contatti eteropici con le litofacies (**SBA_b-SBA_c-SBA_e**).

litofacies sottili strati calcarei (**SBA_e**) (Di Giulio & Galbiati, 1985):

Successione di sottili strati calcarei alternati con livelli marnoso-argillosi, nella parte alta della serie prevalgono strati di calcisiltiti di color nocciola chiaro con più o meno significativi livelli pelitici grigi, nei quali compaiono sempre più significativi livelli e strati medi di arenarie arcosiche sviluppate in sequenze di Bouma, che, per il sempre maggior sviluppo di queste ultime, passano stratigraficamente alle sovrastanti "Arenarie di Bordighera" (fig. 22).

Questa litofacies presenta inoltre contatti eteropici con (**SBA_b-SBA_c-SBA_d**).

Fig. 20 - *Argilliti di colore verde chiaro e rosso vinato con livelli arenacei grigio chiari e rossastri a granulometria media ("formazione di San Bartolomeo", "litofacies peliti varicolori"* **SBA_c**). *Località Valle Argentina subito a nord di Badalucco.*

Caratteri litologici di laboratorio: Le argilliti delle litofacies **SBA_b**, **SBA_c**, sono di norma siltose per la presenza di mica e quarzo detritici; le areniti fini e i livelli arenacei a granulometria media, presenti nelle suddette litofacies, sono essenzialmente a composizione silicea, con alta percentuale di elementi di quarzo e più scarse miche chiare e rari feldspati. Negli strati arenacei della litofacies **SBA_d**, la natura dei clasti è essenzialmente quarzo-

PROGETTO CARG

Fig. 21 - *Piccola piega sinsedimentaria plasmatesi all'interno di strati arenaceo quarzosi gradati a grana media e fine ("formazione di San Bartolomeo", "litofacies quarzoareniti"* ***SBA$_d$****). Località a sud di monte Ceppo.*

Fig. 22 - *Piega a chevron all'interno della "formazione di San Bartolomeo" ("litofacies sottili strati calcarei"* ***SBA$_e$****). Località Badalucco.*

sa, con modestissima presenza di miche chiare e feldspati, con prevalenza dei plagioclasi sui K- feldspati.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Lo spessore, non facilmente misurabile per le intense deformazioni presenti e per il *rabotage* basale, è variabile da qualche decina di metri a 200-300 metri.

Gli spessori massimi delle litofacies sono:

SBA_a: 15 metri
SBA_b: superiore ai 100 metri, mal valutabile per le intense deformazioni
SBA_c: inferiore ai 100 metri
SBA_d: circa 20 metri
SBA_e: inferiore ai 100 metri.

Rapporti stratigrafici: Questa formazione passa verso l'alto in modo transizionale sia alle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) sia al "flysch di San Remo" (**FSM_1-FSM_2**).

Fossili: Le nostre indagini sulle nannoflore calcaree della "litofacies calcari tipo palombino"(**SBA_a**) hanno evidenziato, nell'affioramento di N.S. dell'Assunzione, subito ad E di Caravonica, la presenza di: *Assipetra infracretacea, Braarudosphaera regularis, Calcicalathina oblongata, Ceratolithoides angustiforatus, Cretarhabdus surirellus, Cretarhabdus* sp., *Cribrosphaerella ehrenbergii, Cyclagelosphaera margerellii*, *Eprolithus floralis, Litraphidites bollii, L. carniolensis, Micrantholithus hoschulzii, Microstaurus chiastus, Nannoconus bucheri, N. kamptneri, N. steinmanni, Nannoconus* sp., *Parhabdolithus embergeri, Prediscosphaera columnata, Rucinolithus irregularis, R. terebrodentarius, Watznaueria barnesae, W. britannica, W. communis, W.* aff. *W. manivitae.*

Dato questo che collima con quanto evidenziato da Galbiati & Cobianchi, (1997).

La base della "litofacies **SBA_a**" è attribuibile all'Hauteriviano superiore, zona a *Calcicalathina oblongata* e presenza di *Litraphidites bolli,* mentre la sua parte superiore è attribuibile all'Albiano, zona a *Prediscosphaera columnata*. L'intervallo tra il *bottom* ed il *top* permette di individuare *marker* ed associazioni che documentano anche la presenza del Barremiano e dell'Aptiano. Per quanto riguarda la"litofacies sottili strati calcarei" (**SBA_e**) i campioni hanno fornito una associazione a nannoflore calcaree rappresentata da: *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Calculites obscurus*, *Cretarhabdus* sp., *Cribosphaerella ehrembergii*, *Eiffellithus eximus*, *Lucianorhabdus cayeuxii*, *Micula decussata*, *Predicosphaera* sp., *Quadrum gartneri*, *Q. gothicum*, *Q. sissinghii, Watznaueria barnesae*. La presenza di *Quadrum gothicum* in associazione con *Micula decussata, Lucianorhabdus cayeuxii*, *Calculites obscurus* e *Quadrum gartneri* permette di ascrivere la litozona in esame alla biozona a *Q. gothicum* del Campaniano superiore.

PROGETTO CARG

Attribuzione cronologica: Hauteriviano superiore - Campaniano superiore: Hauteriviano superiore - Albiano per la "litofacies **SBA$_a$**", Campaniano superiore p.p. per la "litofacies **SBA$_e$**" (Galbiati & Cobianchi, 1997), le altre litofacies **SBA$_b$**, **SBA$_c$**, **SBA$_d$**, per la mancanza di livelli marnosi o anche solo debolmente calcarei non hanno fornito dati biostratigrafici, ma per i rapporti stratigrafici sia con (**SBA$_a$**) che con (**SBA$_e$**) è possibile attribuirli all'intervallo Albiano-Campaniano superiore.

Ambiente deposizionale: Piana bacinale scarsamente alimentata da correnti di torbida diluite di natura terrigena e da apporti pelagici, facies D e D1 (Mutti, 1979). La parte sommitale viene a rappresentare depositi di frangia.

2.2.1.2. - Arenarie di Bordighera (**ABG**)

Sinonimi: Unita "Ha" e "H" (Franchi, 1926); "série à dominante gréseuse" (Lanteaume & Haccard, 1960, 1961; Lanteaume *et alii,* 1963); "Complessi C-D" (Boni & Vanossi, 1960); "Bordighera sandsteine" (Richter, 1961);"membro C-D" (Vanossi, 1965).

Affioramenti tipici: Strada Badalucco-Molini di Triora; Bivio Montalto-Carpasio.

Estensione degli affioramenti: La formazione affiora nel settore occidentale del Foglio ed in particolare ad occidente del torrente Argentina sino al fronte dell'unità tettonica.

Caratteri litologici di terreno: Arenarie torbiditiche spesso grossolane, sino a conglomeratiche, in strati spessi, localmente amalgamati.

Sono presenti associazioni torbiditiche di canale e di lobo progradazionale (fig. 23, 24).

Le facies di canale sono caratterizzate da:

- conglomerati in grossi banchi lentiformi spessi da 1 a 3 metri con clasti di 2-5 cm poco o moderatamente arrotondati, trattasi di conglomerati di tipo disorganizzato (affioramenti a nord-ovest di Perinaldo);
- arenarie conglomeratiche costituenti porzioni basali di strati di arenarie grossolane spessi 2-3 m a base amalgamata od erosiva, gli strati sono ben gradati e mancano completamente livelli argillosi;
- arenarie massicce, medio-grossolane, con qualche livello microconglomeratico e assenza di livelli argillosi. Gli strati, spessi 0,5-8,5 metri, hanno base leggermente erosiva o amalgamata. Sono frequenti, alla base degli strati più potenti, grosse *groove* larghe 40 cm e profonde 20 cm e strutture da carico di notevole dimensione; gli strati si presentano da mal gradati a discretamente gradati o a gradazione inversa alla base. La gradazione in genere interessa solo gli elementi più grossolani. Sono presenti blocchi di calcari marnosi e clasti di argilla inclusi a vari livelli dello strato. Solo in alcuni casi si osserva una grossolana laminazione parallela al tetto degli strati e molto raramente delle *dish* e dicchi di sabbia;

PROGETTO CARG

Fig. 23 - *Facies di lobo su un fianco rovescio di una megapiega. Arenarie di Bordighera (***ABG***) a Sud di Montalto.*

Fig. 24 - *Piega sinforme a chevron ("Arenarie di Bordighera"* **ABG***). Località a nord di Taggia, Valle Argentina.*

PROGETTO CARG

- arenarie medio-grossolane con al tetto sottili livelli di argilliti. Gli strati sono spessi fino a 2 metri e le sequenze sono del tipo Ta\e e Tab\e attribuibili alla facies C1 (Mutti & Ricci Lucchi, 1975); sono presenti arenarie medio-grossolane in banchi spessi 10-40 cm con base irregolare ed erosiva che passano bruscamente in alto a sottili livelli di argilliti, rappresentanti depositi di tracimazione, facies E di Mutti & Ricci Lucchi;
- arenarie calcaree e calcareniti fini passanti verso l'alto a marne e argille, sequenze incomplete Tc/e e Tde riferibili alla facies D1 di Mutti & Ricci Lucchi, con spessori di 30 cm.

I depositi canalizzati sono organizzati in cicli positivi sia semplici che multipli.

Le facies di lobo di progradazione sono caratterizzate da:

- arenarie massicce, medio-grossolane in banchi di 0,4-5 metri con qualche elemento conglomeratico disperso dentro allo strato. Al tetto dei banchi sono talvolta presenti 5-10 cm di argille siltose o straterelli calcarenitici e marnosi spessi fino a 50 cm. Le basi degli strati sono amalgamate o leggermente erosive. Le strutture basali più rappresentate sono quelle di carico o grosse *groove*. La gradazione è poco evidente, frequente è la laminazione parallela e sono presenti dicchi di sabbia che s'introducono negli strati sottostanti. Sono presenti, come inclusi in molti banchi, blocchi e spezzoni di marne e calcareniti e, nella porzione intermedia di alcuni banchi, fiocchi di argilla;
- arenarie medio-fini in strati di 0,4-1,8 metri con base generalmente piatta o localmente amalgamata con al tetto sottili livelli argillitici. Le sequenze sono generalmente tronche o incomplete;
- arenarie massicce e grossolane passanti bruscamente ad arenarie calcaree e calcareniti fini nelle quali si osservano gli intervalli Tb, c, d seguite da marne ed argille;
- arenarie calcaree e calcareniti fini con al tetto marne e argille in strati di 10-20 cm a sequenze incomplete. I depositi di lobo e progradazione sono in genere organizzati in sequenze negative o simmetriche.

I depositi di frangia, arenarie calcaree e calcareniti fini, marne e argilliti, vengono qui attribuiti alla "formazione di San Bartolomeo" litofacies **SBA_e** per i rapporti di continuità ed interdigitazione con le emipelagiti e torbiditi di piana, litofacies **SBA_b**, **SBA_c**, **SBA_d**.

Questi, risultano interessati da un netto contatto con i materiali grossolani canalizzati che individuano l'inizio della costruzione della conoide sottomarina delle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**).

Caratteri litologici di laboratorio: Prendendo in considerazione i singoli ritmi, la parte basale degli intervalli gradati è mediamente caratterizzata da conglomerato fine, mal classato, scheletro sostenuto a composizione

PROGETTO CARG

silicoclastica, con matrice arenacea e subordinatamente cemento carbonatico. Lo scheletro, con clasti da subangolosi a subarrotondati, è costituito oltre che da quarzo mono e policristallino, prevalentemente ad estinzione netta, da feldspati e da una grande quantità di litici: graniti, porfidi quarziferi e gneiss. In generale le arenarie medio - grossolane, con arrotondamento dei granuli da scarso a medio, presentano una composizione quarzoso - feldspatica, con modesta percentuale di litici. I granuli di quarzo sono mono e policristallini ad estinzione prevalentemente netta. I feldspati risultano poco alterati con il K-feldspato nettamente prevalente sul plagioclasio (andesina - oligoclasio). La frazione litica vede una forte prevalenza di graniti, con quarzo allotriomorfo, K-feldspato micropertitico prevalente sul plagioclasio (oligoclasio) e biotite prevalentemente cloritizzata. Seguono in modo molto subordinato clasti di porfidi quarziferi a struttura felsofirica con fenocristalli di quarzo prevalentemente riassorbiti, K-feldspato, subordinato al plagioclasio (albite - oligoclasio), biotite cloritizzata e clasti di gneiss a struttura lepidoblastica, con eguale presenza di K-feldspato e plagioclasio (albite) e miche con prevalenza di muscovite sulla biotite.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Lo spessore massimo è stimato intorno ai 500 metri (poco più a nord di Ospedaletti) con variazioni di spessori intorno ai 200-300 metri a nord di Badalucco.

Rapporti stratigrafici: Questa unità è in successione stratigrafica diretta con la formazione di San Bartolomeo ed eteropica e sottostante al "flysch di San Remo" (membro **FSM_2**).

Fossili: La campionatura degli intervalli più carbonatici ha fornito associazioni a nannoflore calcaree caratterizzate dalla presenza di: *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Aspidolithus parcus parcus*, *Calculites obscurus*, *C. ovalis, Ceratolithoides aculeus, Lithraphidites quadratus, Lucianorhabdus cayeuxii*, *Micula decussata*, *Quadrum gothicum*, *Q. trifidum, Watznaueria barnesae*, *Watznaueria* sp.

La parte basale delle Arenarie di Bordighera, a contatto con la "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), ha evidenziato associazioni ben inquadrabili nella zona a *Quadrum trifidum*, del Campaniano superiore - Maastrichtiano inferiore. La presenza, inoltre, delle zone a *Arkhangelskiella cymbiformis*, e ad *Lithraphidites quadratus*, permettono di attribuire il resto dell' unità al Maastrichtiano medio e solo parzialmente al Maastrichtiano superiore. Quanto sopra si deduce dal fatto che al *top* delle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**), fanno seguito sequenze attribuibili al "membro Villa Faraldi" (**FSM_2**) del "flysch di San Remo" (**FSM**), in cui è possibile evidenziare, per buona parte della successione, associazioni che rientrano nella zona a *Lithraphidites quadratus*, prima di riscontrare la zona a *Micula murus.*

PROGETTO CARG

Attribuzione cronologica: Campaniano superiore p.p.-Maastrichtiano medio-superiore p.p.

Ambiente deposizionale: Conoide sottomarina ubicata al di sotto del limite di compensazione dei carbonati, a bassa efficienza di trasporto e recessiva (Sagri, 1980).

2.2.1.3. - Flysch di San Remo (**FSM**)

Estensione degli affioramenti: L'unità copre quasi la totalità della parte orientale e piccoli settori sud -occidentali del Foglio; essa è costituita da quattro membri tutti presenti nel Foglio.

2.2.1.3.1. - *Membro Capo Mele* (**FSM**$_1$)

Sinonimi: "H1"p.p. (Franchi, 1926); "complesso B" p.p. (Boni & Vanossi, 1960); "Série a dominante calcaire" (Lanteaume & Haccard, 1960, 1961; Lanteaume *et alii,* 1963); "Saccarelloserie" (Richter, 1961).

Affioramenti tipici: Questo membro è stato individuato da Sagri (1984) a Capo Mele e quindi fuori dal Foglio San Remo (Foglio 259 Imperia).

Estensione degli affioramenti: Limitatamente a nord di Chiusanico e a nord-ovest di Caravonica.

Caratteri litologici di terreno: Marne ed arenarie calcaree costituenti spessi strati torbiditici, organizzati in sequenze positive con banchi spessi 10-30 metri, con la porzione terminale costituita da calcilutiti. Sono inoltre presenti scarsi strati arenaceo-argillitici (fig. 25).

Spessore dell'unità e sue variazioni: Da 100 a 300 metri.

Rapporti stratigrafici: Questo membro è direttamente sovrastante alla "formazione di San Bartolomeo" litofacies **SBA$_b$-SBA$_c$** e presenta passaggi eteropici e stratigrafici al "membro Villa Faraldi" **FSM$_2$**.

Fossili: I campioni esaminati hanno permesso di individuare le seguenti nannoflore calcaree: *Arkhangelskiella cymbiformis, Aspidolithus parcus parcus, Calculites obscurus, C. ovalis, Ceratolithoides aculeus, Cyclagelosphaera ehrenbergii, C. reinhardtii, Eprolithus* sp., *Lucianorhabdus cayeuxii, Microrhabdulus decoratus, M. unduosus, Micula decussata, M.* gr. *stauropora, M. swastica, M.* sp., *Prediscosphaera cretacea, Quadrum gartneri, Q. gothicum, Q. trifidum, Watznaueria barnesae, Watznaueria* sp. La parte basale del "membro Capo Mele" (**FSM$_1$**) a contatto con la "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), ha evidenziato associazioni ben inquadrabili nella zona a *Quadrum trifidum,* del Campaniano superiore - Maastrichtiano inferiore. La presenza, inoltre, della

PROGETTO SAPG

zona a *Arkhangelskiella cymbiformis*, permette di attribuire il resto della serie al Maastrichtiano medio.

ATTRIBUZIONE CRONOLOGICA: Campaniano superiore p.p.-Maastrichtiano medio p.p.

AMBIENTE DEPOSIZIONALE: Ambiente di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata da spesse torbiditi marnose ed arenaceo calcaree di zona prossimale.

Fig. 25 - *Marne cosituenti spessi strati torbiditici ("flysch di San Remo", "membro Capo Mele"* **FSM$_1$**). *Località a nord di Borgomaro.*

PROGETTO CARG

2.2.1.3.2. - *Membro Villa Faraldi* (**FSM$_2$**)

SINONIMI: "H1"p.p. (FRANCHI, 1926); "complesso B" p.p. (BONI & VANOSSI, 1960); "Série a dominante calcaire" (LANTEAUME E HACCARD, 1960, 1961; LANTEAUME *et alii,* 1963); "Saccarelloserie" (RICHTER 1961).

AFFIORAMENTI TIPICI: Questo membro è stato individuato da SAGRI (1984) a Villa Faraldi e quindi fuori dal Foglio San Remo (Foglio 259 Imperia).

ESTENSIONE DEGLI AFFIORAMENTI: Viene ad interessare un grosso settore centro orientale del Foglio e più limitati settori sud-occidentali.

CARATTERI LITOLOGICI DI TERRENO: Marne ed arenarie calcaree costituenti strati torbiditici, con spessori inferiori, 1-5 metri, rispetto al membro **FSM$_1$**. Abbastanza rappresentate sono anche le calcilutiti e le torbiditi arenaceo-

argillitiche. Sono presenti sequenze negative, spesse 5-10 metri, costituite da strati calcilutitici alla base che passano verso l'alto a strati e banchi marnoso-arenacei (fig. 26).

Caratteri litologici di laboratorio: La frazione arenacea degli intervalli arenaceo-argillitici, presenti anche nel "membro di Capo Mele" **FSM_1**, risulta a prevalente composizione feldspatico-quarzosa, con forte prevalenza del plagioclasio, albite-oligoclasio, sul K-feldspato, quarzo a prevalente estinzione normale e moderata presenza di litici e calcite interstiziale. La componente carbonatica a volte viene a rappresentare una frazione significativa. In ambo i membri le micriti si presentano con una subordinata e dispersa presenza di silt silicoclastico costituito da clasti angolosi di quarzo e mica bianca. Sono presenti *cluster* di biomicrite/biosparite con significativa frazione fossile costituita da spicole di spugne, e globotruncane.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Da 300 a 650 metri.

Rapporti stratigrafici: Questo membro è direttamente sovrastante alla "formazione di San Bartolomeo" litofacies **SBA_b-SBA_c** e presenta passaggi eteropici e di sovrapposizione al "membro di Capo Mele" (**FSM_1**). Presenta rapporti eteropici e di sovrapposizione alle "Arenarie di Bordighera" e, nella sua parte alta, eteropia con il "membro San Michele" (**FSM_3**). Presenta inoltre contatti stratigrafici e di passaggio al "membro San Lorenzo" (**FSM_4**).

Fig. 26 - *Banchi e strati del membro Villa Faraldi (**FSM_2**) a N-E di Badalucco (la foto è stata scattata dal crinale che collega il M. Faudo al M. Crocetta; il paese visibile in lontananza è Aurigo).*

PROGETTO CARG

Fossili: I campioni esaminati contengono associazioni a nannoflore calcaree rappresentate da: *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Aspidolithus parcus parcus, Biscutum elipticum, Calculites obscurus*, *C. ovalis, Ceratolithoides aculeus, Cyclagelosphaera reinhardtii, Cribrosphaerella daniae, C. ehrenbergii, Lithraphidites quadratus, Lucianorhabdus cayeuxii*, *Microrhabdulus decoratus, Microrhadulus unduosus, Micula praemurus, M. decussata, M.* gr. *stauropora, M. murus, M. swastica, M. unduosus, Prediscosphaera cretacea, P. grandis, Quadrum gothicum, Q. trifidum, Watznaueria barnesae, Watznaueria* sp.

La parte basale del "membro Villa Faraldi" (**FSM_2**), a contatto con la"formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), ha evidenziato associazioni ben inquadrabili nella zona a *Quadrum trifidum*, del Campaniano superiore-Maastrichtiano inferiore. La presenza, inoltre, delle zone a *Arkhangelskiella cymbiformis*, a *Lithraphidites quadratus* ed a *Micula murus* permette di riconoscere sia il Maastrichtiano medio che il Maastrichtiano superiore p.p.

Attribuzione cronologica: Campaniano superiore p.p.-Maastrichtiano superiore p.p.

Ambiente deposizionale: Ambiente di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata da torbiditi marnose ed arenaceo-calcaree di zona distale rispetto all'ambiente deposizionale del "membro di Capo Mele" **FSM_1**.

2.2.1.3.3. - *Membro San Michele* (**FSM_3**)

Sinonimi: "H1"p.p. (Franchi, 1926); "complesso B" p.p. (Boni & Vanossi, 1960); "Série a dominante calcaire" (Lanteaume & Haccard, 1960, 1961; Lanteaume *et alii,* 1963); "Saccarelloserie" (Richter, 1961).

Affioramenti tipici: Strada San Remo-San Romolo all'altezza dell'Eremo di San Michele (Sagri, 1984).

Estensione degli affioramenti: Affiora limitatamente nei settori meridionali del Foglio.

Caratteri litologici di terreno: Strati arenaceo-argillitici e calcilutitici nei quali si intercalano a intervalli regolari, ogni 10-15 metri, megatorbiditi marnoso-arenacee spesse 5-7 metri che vengono a costituire megaritmi.

Caratteri litologici di laboratorio: Arenaria da media a fine, mal classata, scheletro-sostenuta, con scheletro silicoclastico e interstiziale dato da cemento carbonatico. Lo scheletro è costituito da clasti da subangolosi a subarrotondati, costituiti prevalentemente da quarzo mono-policristallino, con prevalenza di estinzione piana su quella ondulata; subordinatamente sono presenti clasti di feldspati, con prevalenza del plagioclasio, albite-oligoclasio, sul K-feldspato e più raramente da fillosilicati, tra cui miche bianche e brune, minerali opachi, calcite detritica, sia geminata che non, clasti polimineralici,

PROGETTO CARG

quarzo + fillosilicati. Le micriti si presentano con una fortemente subordinata e dispersa presenza di silt silicoclastico costituito da clasti angolosi di quarzo, mica bianca e minerali opachi. La frazione fossile, è rappresentata da globotruncanidi, heteroelicidi, calcisphaerulidi, ostracodi, spicole di spugne, resti di echinidi.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Da 100 a 200 metri.

Rapporti stratigrafici: Questo membro presenta rapporti eteropici e stratigrafici di sovrapposizione al "membro di Villa Faraldi" (**FSM_2**) e di passaggio stratigrafico al sovrastante "membro San Lorenzo" (**FSM_4**).

Fossili: I campioni analizzati hanno permesso di individuare nannoflore calcaree tra cui: *Arkhangelskiella cymbiformis, Aspidolithus parcus parcus, Cribrosphaerella daniae, C. ehrenbergii, Lithraphidites quadratus, Lucianorhabdus cayeuxi, Micula decussata, M. murus, M. swastica, M. unduosus, Watznaueria* sp., *Prediscosphaera grandis, Microrhabdulus unduosus, Watznaueria barnesae.* L'associazione riscontrata permette la sua attribuzione alla zona a *Micula murus* del Maastrichtiano superiore.

Attribuzione cronologica: Maastrichtiano superiore p.p.

Ambiente deposizionale: Ambiente di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata da megatorbiditi marnoso-arenacee che si alternano a strati arenaceo-argillitici e calcilutitici, che può indicare un'intensa attività tettonica (Mutti *et alii,* 1984) legata all'evoluzione del bacino ubicato probabilmente in corrispondenza di una zona di convergenza (Abbate & Sagri, 1982).

2.2.1.3.4. - *Membro San Lorenzo* (**FSM_4**)

Sinonimi: "H2"p.p. (Franchi, 1926); "complesso A" p.p. (Boni &Vanossi, 1960); "Série a dominante marneuse" (Lanteaume & Haccard, 1960, 1961; Lanteaume *et alii,* 1963); "Imperiaserie" (Richter, 1961).

Affioramenti tipici: Lungo la costa nel settore di San Lorenzo al Mare (Sagri, 1984) e nei dintorni di San Remo.

Estensione degli affioramenti: Il membro è presente, oltre che nella località tipica, lungo una fascia costiera da Bussana a Ospedaletti.

Caratteri litologici di terreno: Strati arenaceo-argillitici con intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso-arenacei spessi al massimo 1-2 metri (fig. 27).

Caratteri litologici di laboratorio: Arenaria fine, ben classata, scheletro sostenuta, con scheletro silicoclastico e cemento carbonatico interstiziale. Lo scheletro è costituito da clasti subangolosi e subarrotondati, rappresentati prevalentemente da quarzo mono e policristallino, prevale quello ad estinzione normale rispetto a quella ondulata, subordinatamente sono presenti clasti costituiti da mica bianca, feldspati, minerali opachi, glauconite e calcite

PROGETTO CARG

detritica. La frazione fossile è rappresentata esclusivamente da rarissimi bioclasti indeterminabili.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Variabile con un massimo di 300 metri.

Rapporti stratigrafici: Questo membro presenta rapporti di continuità stratigrafica e di sovrapposizione prevalentemente con il "membro di San Michele" **FSM_3** e più limitatamente con il "membro Villa Faraldi" **FSM_2**.

Fossili: I campioni esaminati hanno evidenziato un contenuto in nannoflora calcarea rappresentata da: *Arkhangelskiella cymbiformis, Aspidolithus parcus parcus, Biscutum elipticum, Cyclagelosphaera reinhardtii, Cribrosphaerella ehrenbergii, Lithraphidites quadratus, Lucianorhabdus cayeuxii, Microrhabdulus decoratus, M. unduosus, Micula decussata, M.* gr. *stauropora, M. murus, Prediscosphaera cretacea, Watznaueria barnesae, Watznaueria* sp. L'associazione riscontrata permette la sua attribuzione alla zona a *Micula murus* del Maastrichtiano superiore.

Attribuzione cronologica: Maastrichtiano superiore p.p.

Ambiente deposizionale: Ambiente di piana bacinale ristretta ubicata sotto il limite di compensazione dei carbonati ed interessata in prevalenza da torbiditi arenaceo-siltitico-argillitiche che vengono a costituire la parte sommitale del "flysch di San Remo".

Fig. 27 - *Strati arenaceo argillitici e strati marnoso arenacei ("flysch di San Remo", "membro San Lorenzo"* **FSM_4**). *Località a sud dell'Eremo di San Michele.*

PROGETTO CARG

3. - STRATIGRAFIA DELLE COPERTURE NEOGENICHE

3.1. - Depositi del pliocene

Tra i sedimenti pliocenici affioranti nel Foglio San Remo, i più significativi affiorano subito ad E ed a W di Taggia e sono riconducibili a un sistema di "delta-conoide".

Dall'esame degli affioramenti dell'ampio settore del ponente ligure, compreso tra Albenga ed il confine di stato, risulta evidente che le caratteristiche dei vari affioramenti pliocenici denunciano tipologie e schemi evolutivi sostanzialmente diversi in funzione degli eventi neotettonici, degli apporti e delle geometrie bacinali. Quanto sopra va inquadrato non solo negli eventi che ne hanno controllato la deposizione, ma anche nelle fasi tettoniche, tardo pliocenico-pleistoceniche, che hanno determinato l'attuale modellamento del golfo ligure.

L'approccio seguito durante il rilevamento è stato quello di cercare di non enfatizzare troppo tutti i contatti erosivi in quanto, sulla base delle esperienze sinora acquisite, non è sembrato possibile distinguere piccole unità o sub-unità allostratigrafiche.

Allo stato attuale si è preferito utilizzare e quindi integrare unità già collaudate nella seconda edizione della Carta Geologica d'Italia per il Foglio 92-93 "Albenga-Savona".

3.1.1. - *Bacino di San Remo-Taggia-San Lorenzo*

3.1.1.1. - Brecce di Taggia (**BDT**)

Affioramenti tipici: Taggia (Marini, 2000).

All'interno delle "brecce di Taggia" (**BDT**), nell'insieme caratterizzate al 75/85% da frammenti litici da angolosi a subangolosi, derivanti dal substrato flyschoide e più precisamente dalle "Arenarie di Bordighera"(**ABG**) e dal "flysch di San Remo"(**FSM**) sono state riconosciute le seguenti litofacies:

litofacies (**BDT$_a$**): - Brecce disorganizzate clasto sostenute con elementi da centimetrici a metrici, a spigoli vivi, a matrice limosa e granulare incoerente (fig. 28).

litofacies (**BDT$_b$**): - Brecce disorganizzate clasto sostenute con elementi pluricentimetrici, subangolosi, raramente a spigoli arrotondati a matrice sabbiosa grossolana o sabbioso-limosa, semicoerente.

I rapporti tra le due suddette litofacies, per quanto sinora verificato, risultano di natura eteropica.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Lo spessore massimo si aggira intorno ai 250 metri.

PROGETTO CARG

Rapporti stratigrafici: Le "brecce di Taggia" (**BDT**) presentano contatti netti con le sovrastanti "argille di Ortovero" (**ORV**) e con i "conglomerati di Monte Villa" (litofacies **CMV_a-CMV_b-CMV_c**).

Attribuzione cronologica: Pliocene inferiore. Questa attribuizione, in assenza di dati biostratigrafici, è dovuta al fatto che le "brecce di Taggia" (**BDT**) sono da collegare alle prime fasi di individuazione del sistema delta-conoide, del Pliocene inferiore.

Ambiente deposizionale: Marini (2000) attribuisce le brecce ad un sistema di delta-conoide con depositi di frana, di conoide detritica e di *debris-flow* non coesivi; in particolare riconduce la "litofacies (**BDT_a**)" alle prime fasi di impostazione del canale alimentatore, quindi con clasti addossati ai bordi del delta-conoide, e la "litofacies (**BDT_b**)" alle fasi di calibratura del canale alimentatore e di espansione del bacino di drenaggio, con rimobilizzazione di depositi alluvionali, di frana e di conoide detritica che li ingombravano.

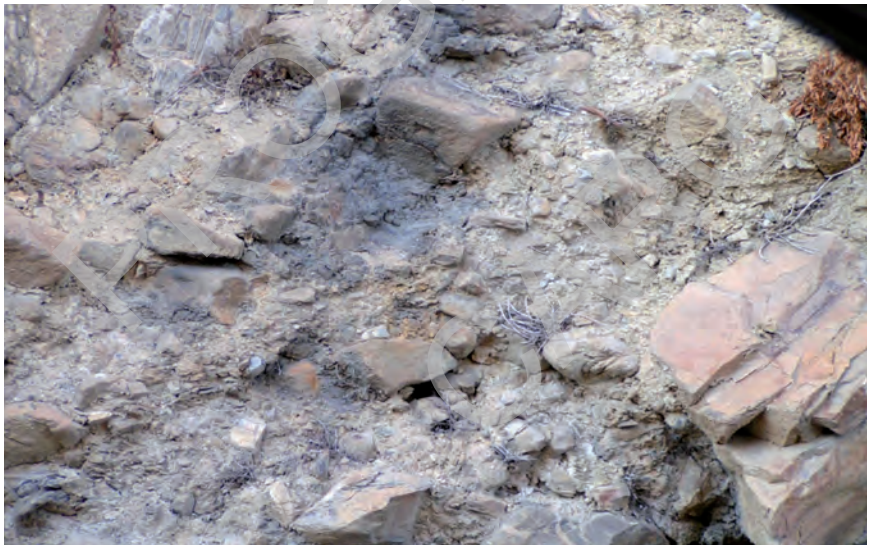


Fig. 28 - *Brecce disorganizzate con elementi centimetrici e metrici, a spigoli vivi a matrice limosa e granulare incoerente. Brecce di Taggia (***BDT***) litofacies (***BDT_a***). Località Taggia.*

3.1.1.2. - Argille di Ortovero (**ORV**)

Sinonimi: "argille turchine" (Franchi, 1926).

Affioramenti tipici: Bussana vecchia

Caratteri litologici di terreno: Argille grigie e grigio azzurre, più o meno siltose e marnose, massicce e molto compatte, argille siltoso-sabbiose, spesso

PROGETTO

in alternanza con conglomerati minuti (fig. 29). Sono presenti, in particolare nell'affioramento di Terzorio, crostoni ferruginosi di colore rosso-rugginoso Questa unità è già stata utilizzata nel Foglio 92-93 "Albenga-Savona" (Seconda edizione della Carta Geologica d'Italia). La legenda di detta carta recita: "Lenti conglomeratiche, alternanze stratificate di argille sabbiose e sabbie o conglomerati minuti".

Caratteri litologici di laboratorio: la frazione fine, argilla + silt, varia dal 93 al 99%, con un valore medio del 97,7%. L'argilla ha valori compresi tra il 33 ed il 44,3%, il silt con prevalenza della frazione media e fine ha valori tra 50,5 e 57%. Il carbonato di calcio è compreso tra il 24 ed il 27% ed è legato alla produzione organica. Sono inoltre presenti quarzo, per lo più alterato, tra i fillosilicati la biotite è più frequente della muscovite, rarissimi la glauconite e minerali opachi.

Spessore dell'unità e sue variazioni: Da pochi metri a 75 metri.

Rapporti stratigrafici: Presenta contatti stratigrafici netti con le "brecce di Taggia" (litofacies **BDT_{a-b}**), parziali rapporti eteropici con i "conglomerati di Monte Villa" (litofacies **CMV_b**); in certi casi presenta un contatto sfumato con i "conglomerati di Monte Villa" (litofacies **CMV_c**) (fig. 30).

Fossili: Robba (1981), a seguito dello studio di 8 campioni volumetrici presi nell'affioramento a sud di Terzorio, lungo una sezione di 71 metri, ha messo in evidenza la presenza di una malacofauna batiale caratterizzata sia da bivalvi: *Abra (Syndosmya) longicallus* (Sacchi), *Bathyarca philippiana* (Nyst), *Korobkovia oblonga* (Philippi), *Limea (limea) strigilata* (Brocchi), *Limopsis (Limopsis) aurita* (Brocchi), *Limopsis (Pectunculina) minuta* (Philippi), *Neilo*

Fig. 29 - *Affioramento di Argille di Ortovero (***ORV***) con al tetto i Conglomerati di Monte Villa (***CMV***). Strada Bussana Nuova - Bussana Vecchia.*

PROGETTO CARG

isseli (Bellardi), *Nucula (Nucula) sulcata* (Bronn), *Nuculana (Jupiteria) concava* (Bronn), *Nuculana (Saccella) fragilis* (Chemnitz), *Nuculana (Ledella) messanensis* (Seguenza), *Palliolum (Delectopecten) abyssorum* (Loven), *Portlandia (Yoldiella) striolata* (Brugnone), sia da gasteropodi: *Aporrhais (Aporrhais) uttingeriana* (Risso), *Babylonella massiformis* (Seguenza), *Drilliola loprestiana* (Calcara), *Eulimella (Eulimella) scillae* (Schacchi), *Gemmula (Gemmula) rotata* (Brocchi), *Hinia (Telasco) ringens* (Michelotti), *Lunatia catena helicina* (Brocchi), *Roxania (Sabatia) isseli* (Bellardi), *Scissurella (Anatoma) aspera* Philippi, *Skenea* sp., *Solariella (Solariella) peregrina* (Libassi), *Tectonatica tectula* Sacco, *Turcicola (Convexia)* sp., nonchè da scafopodi: *Cadulus (Cadulus) tumidosus* Jeffreys, *Cadulus (Gadila) ventricosus* (Bronn), *Dentalium (Antalis) agile* Sars, *Fustiaria (Gadilina) triquetra* (Brocchi). Boni & Peloso (1973) segnalano la presenza di otoliti tra cui *Hygophum hygomi* (Lutken), *Myctophum debile* (Koken), *Myctophum pulcrum* (Prochàzka), *Otolithus (Myctophidarum) aemilianus* (Anfossi & Mosna).

PROGETTO CARG

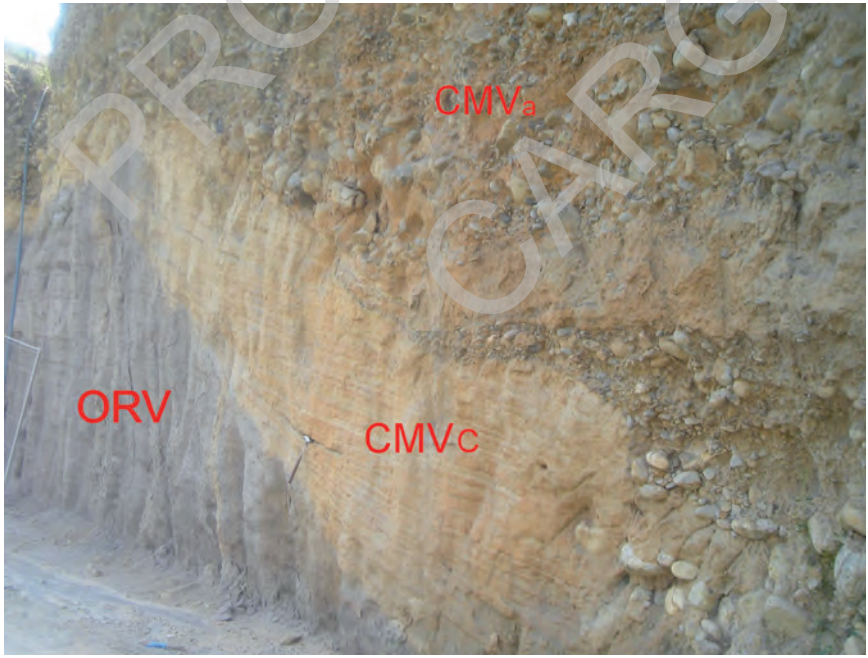


Fig. 30 - *Argille di Ortovero (**ORV**), grigio azzurrine, canalizzate da episodi sabbiosi "litofacies **CMV$_c$**" e quindi da conglomerati immaturi "litofacies **CMV$_a$**" dei conglomerati di Monte Villa (**CMV**). Località Arma di Taggia, svincolo autostradale.*

I numerosi campioni prelevati, durante il rilevamento del Foglio, hanno fornito significativi dati micropaleontologici. Lo studio dei foraminiferi ha messo in evidenza una ricca associazione di specie e di individui. Tra le forme planctoniche segnaliamo: *Candeina sp., Globigerina apertura, G. bulloides, G. decoraperta, G. falconensis, Globigerinita quinqueloba, G. glutinata, Globigerinoides bulloideus, G. elongatus, G. exstremus, G. quadrilobatus, G. sacculifer, G. trilobus, Globorotalia acostaensis, G. margaritae, G. scitula, Globorotaloides* spp., *Orbulina universa, Sphaeroidinellopsis dehiscens, S. seminulina, S.* spp. Tra le forme bentoniche: *Anomalinoides helicinus, Asterigerinata planorbis, Bigenerina nodosaria, Bolivina dilatata, B. pseudoplicata, B. punctata, B. subalata, Bulimina costata, Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Cibicidoides kullembergi*, *C. pachyderma, C. ungerianus, Elphidium crispum, Florilus* sp., *Globobulimina* spp., *Globocassidulina subglobosa, Gyroidina soldanii, G. neosoldanii, Gyroidinoides umbonatus, Hoeglundina elegans, Karreriella bradyi, Lenticulina* spp., *Melonis barleanum, M. pompilioides, M. stellatus, Oridorsalis umbonatus stellatus, O. umbonatus, Planulina ariminensis, Pullenia bulloides, P.* spp., *Sphaeroidina bulloides, Sigmoilopsis schlumbergeri, Siphonina planoconvexa, S. reticulata, Uvigerina peregrina, U. pygmaea, U. rutila, Valvulineria bradyana, V. camplanata, V.* spp.

Lo studio delle nannoflore hanno permesso di evidenziare la presenza di: *Amaurolithus delicatus, A. triconiculatus, Calcidiscus leptoporus, C. macintyrei, Coccolithus pelagicus, Discoaster brouweri, D. intercalaris, D. pentaradiatus, D. surculus, D. triradiatus, D. variabilis, Geminilithella rotula, Helicosphaera carteri, Pontosphaera* spp., *Reticulofenestra pseudoumbilicus, R.* spp., *Rhabdosphaera* spp., *Sphenolithus* spp., *Syracosphaera* spp., *Umbilicosphaera* spp.

Tra i foraminiferi sono presenti oltre a *marker* zonali, specie significative che confermano l'identificazione sia della biozona a *Sphaerodinellopsis* (MPL 1) sia a *Globorotalia margaritae* (MPL 2) dello Zancleano inferiore. Dato biostratigrafico in pieno accordo a quello derivante dalle nannoflore calcaree che permettono di identificare la biozona a *Amaurolithus triconiculatus* (MNN 12), sia per la presenza del *marker* zonale, sia per l'assenza delle forme caratteristiche delle zone successive. I suddetti dati biostratigrafici collimano con quelli di Giammarino &Tedeschi (1970).

Attribuzione cronologica: Pliocene inferiore (Zancleano inferiore).

Ambiente deposizionale: In un ambiente di delta-conoide sono stati attribuiti alle "argille di Ortovero" (**ORV**) gli episodi argilloso-marnosi che sono presenti nella parte basale del ciclo e quindi legati alla trasgressione post-messiniana, che vengono a costituire orizzonti, non lenti, ben definiti e di spessore pluridecimetrico. La presenza di una malacofauna, dove l'elemento

PROGETTO CARG

dominante è dato da" specie euribate ad ampia distribuzione e specie batiali pure" (Robba, 1981), porta a dedurre un ambiente deposizionale prossimo al limite inferiore dell'orizzonte epibatiale, 500-600 metri di profondità. Il dato viene confermato dalla costante presenza, tra i foraminiferi bentonici, di specie epibatiali come *Cibicidoides kullembergi, C. pachiderma, Karreriella bradyi, Oridorsalis umbonatus, Planulina ariminensis*.

3.1.1.3. - Conglomerati di Monte Villa (**CMV**)

Sinonimi: "conglomerati in banchi" (Franchi, 1926).

Affioramenti tipici: Il deposito più cospicuo si trova tra il basso corso dei torrenti Argentina ed Armea.

Estensione degli affioramenti: San Remo, Taggia, nord di Riva Ligure, San Lorenzo, per circa 7 km^2.

Questa unità è già stata utilizzata nel Foglio 92-93 "Albenga-Savona (Seconda edizione della Carta Geologica d'Italia). La legenda di detta carta recita: "Conglomerati a ciottoli prevalentemente calcarei, più o meno cementati, localmente sabbie debolmente cementate".

litofacies (**CMV$_a$**): - Conglomerati immaturi disorganizzati clastosostenuti o rozzamente organizzati mal cementati. I clasti, prevalentemente arrotondati e subarrotondati, hanno dimensioni che mediamente vanno dai 5 ai 20 cm, la matrice sabbiosa o sabbioso-limosa è in basse percentuali, inferiore al 10%.

litofacies (**CMV$_b$**): - Conglomerati grossolanamente stratificati e conglomerati gradati organizzati a luoghi ben cementati. I clasti sono arrotondati con diametri compresi tra 2 e 10 cm, la matrice, sabbiosa o sabbioso-limosa, può assumere percentuali anche del 30-40% (fig. 31).

litofacies (**CMV$_c$**): - Lenti ghiaioso-sabbiose caratterizzate da sabbie, arenarie, stratificate o massicce, con spessori anche di 10-20 metri. La sabbia, a grana grossa e media, è in generale ben classata, le ghiaie presentano elementi arrotondati, sono presenti grossi ciottoli isolati anch'essi ben arrotondati.

litofacies (**CMV$_d$**): - Lenti argilloso-marnose, con spessori al massimo metrici. Argille grigie e grigio azzurre, più o meno siltose e marnose, massicce e molto compatte, spesso in alternanza con orizzonti siltoso-sabbiosi.

Ogni litofacies di questa formazione è in contatto con tutte le altre e presenta con queste rapporti sia eteropici sia di sovrapposizione; le litofacies **CMV$_b$-CMV$_c$** sono in contatto stratigrafico con le "brecce di Taggia" (litofacies **BDT$_a$-BDT$_b$**), la litofacies **CMV$_a$** è in contatto con le "brecce di Taggia" (litofacies **BDT$_a$**).

Spessore dell'unità e sue variazioni: Nell'ordine del centinaio di metri.

PROGETTO CARG

Rapporti stratigrafici: Questa formazione presenta un netto contatto di sovrapposizione con le "brecce di Taggia" (litofacies **BDT$_a$-BDT$_b$**) e un contatto parzialmente eteropico, o meglio erosivo, con le "argille di Ortovero" (**ORV**) (fig. 30).

Fossili: Nelle "litofacies (**CMV$_b$**)"e "litofacies (**CMV$_c$**)" sono a volte presenti accumuli di fossili caratterizzati dalla presenza di una malacofauna intensamente rimaneggiata, rappresentata da almeno due o più biocenosi, una profonda, circalitorale o batiale, definita dalla presenza di *Neopycnodonte navicularis*, ed una molto superficiale, intertidale-infralitorale superiore, caratterizzata dalla presenza di *Saccostrea cucullata*, a cui si associano specie a distribuzione circalitorale, come *Aequipecten scrabellus.* Le lenti argilloso-marnose, e le argille grigie e grigio-azzurre più o meno siltose e marnose della "litofacies (**CMV$_d$**)", hanno fornito dati biostratigrafici significativi. I campioni derivanti dai suddetti livelli hanno permesso di evidenziare associazioni a foraminiferi ed a nannoflore calcaree del tutto simili a quelle individuate nelle "argille

Fig. 31 - *Conglomerati di Monte Villa (***CMV***) caratterizzati da lenti di ghiaie sabbiose "litofacies* **CMV$_c$***"al passaggio tra conglomerati immaturi "litofacies* **CMV$_a$***" e conglomerati grossolanamente stratificati "litofacies* **CMV$_b$***". Località Arma di Taggia, svincolo autostradale.*

PROGETTO CARG

di Ortovero" (**ORV**), ad eccezione del fatto che nei vari livelli è stato possibile individuare oltre le biozone MPL1 e MPL2 anche la biozona a *Globorotalia puncticulata* MPL 3, dato gia segnalato da Boni & Peloso (1973), in località Terre Bianche di Terzorio. Il dato biostratigrafico viene confermato dalla presenza nelle associazioni a nannoflore calcaree, oltre che delle biozone MNN12, della biozona MNN13 documentata dalla presenza di *Helicosphaera sellii*, il che permette di documentare anche lo Zancleano superiore.

Attribuzione cronologica: Pliocene inferiore (Zancleano).

Ambiente deposizionale: Questa unità si è sviluppata in un sistema di delta-conoide, (Marini, 2000). La "litofacies (**CMV$_a$**)" è rappresentata da depositi derivanti dalla miscelazione di carichi di fondo fluviale molto grossolani ed immaturi talora con depositi di spiaggia; la "litofacies (**CMV$_b$**)" deriva dalla deposizione di tappeti di trazione alla base di flussi ad alta concentrazione; la "litofacies (**CMV$_c$**)"va identificata come la deposizione di tappeti sabbiosi in condizioni torbiditiche; la "litofacies (**CMV$_d$**)" si sviluppa in seguito alla decantazione in fondali profondi. I crostoni ferruginosi vengono interpretati da Marini (2000), come depositi alimentati da flussi di materiale terrigeno, rifornito dallo smantellamento di paleosuoli rubefatti. La presenza, tra i foraminiferi bentonici identificati nella "litofacies (**CMV$_d$**)", di specie a distribuzione epibatiale, *Cibicidoides kullembergi, C. pachiderma, Karreriella bradyi, Oridorsalis umbonatus, Planulina ariminensis*, documenta, per questa litofacies, un ambiente deposizionale del tutto simile a quello identificato per le "argille di Ortovero" (**ORV**).

3.2. - Depositi quaternari

I depositi quaternari comprendono gran parte dei sedimenti attuali e quelli che li hanno preceduti in tempi relativamente recenti. Essi comprendono: frane (**a$_{1a}$**, **a$_{1b}$**); detriti di versante, detriti di versante a grossi blocchi (**a**); detriti di falda (**a$_3$**); coltri eluvio colluviali (**b$_2$**); depositi alluvionali in alveo (**b**); depositi alluvionali terrazzati(**b$_{n1-4}$**); depositi di spiaggia (**g$_2$**); depositi marini terrazzati (**g$_{n1-2}$**).

3.2.1. - *Depositi delle aree emerse*

3.2.1.1. - Depositi marini terrazzati (**g$_{n1-2}$**)

Estensione degli affioramenti: L'area di affioramento dei depositi marini terrazzati si sviluppa lungo la costa tra Capo Verde e Capo Nero.

PROGETTO CARG

Caratteri litologici di terreno: Depositi sabbioso-ghiaiosi, talvolta ciottolosi di ambiente di transizione marino-continentale, sospesi e localmente terrazzati. Sono evidenziabili due superfici terrazzate: la più bassa e recente viene indicata con la sigla ($\mathbf{g_{n1}}$), la più alta e quindi più antica con la sigla ($\mathbf{g_{n2}}$).

Spessore dell'Unità sue variazioni: Ambedue i depositi marini terrazzati ($\mathbf{g_{n1-2}}$) hanno uno spessore medio di circa 5 metri.

Attribuzione cronologica: Non si hanno precisi elementi per collocare cronologicamente i depositi terrazzati e una attribuzione generica al Pleistocene viene tentativamente suggerita.

3.2.1.2. - Depositi alluvionali terrazzati ($\mathbf{b_{n1-4}}$)

Estensione degli affioramenti: Sono presenti principalmente nella piana terminale del torrente Argentina, lungo il torrente Armea e lungo i torrenti Prino, Moltedo e Impero.

Caratteri litologici di terreno: Depositi ghiaiosi e sabbiosi debolmente limosi di origine fluviale, di varia litologia, talora con una grossolana classazione, posti a varie altezze lungo le valli principali.

I vari ordini di superfici terrazzate vengono indicati con numeri crescenti a partire dal più basso e recente (sigla $\mathbf{b_{n1}}$) fino al più alto e antico (sigla $\mathbf{b_{n4}}$).

I depositi alluvionali terrazzati ($\mathbf{b_{n1}}$) si presentano come sabbioso-ghiaiosi per lo più sepolti e reincisi.

I depositi alluvionali terrazzati ($\mathbf{b_{n2-4}}$) si presentano come ghiaioso-ciottoloso-sabbiosi e sono maggiormente rappresentati nella bassa Valle Argentina, con una marcata ferrettizzazione ed un accenno di cementazione.

Tali depositi possono suddividersi territorialmente in due facies (a-b) così articolate:

a) - depositi, spesso sottili, recenti, su terrazzi appena rialzati rispetto agli attuali alvei incisi, caratterizzati da estrema eterogeneità e mescolanza di sabbie, ghiaie e ciottoli. Molto spesso gli affioramenti più cospicui appartengono alle conoidi dei corsi d'acqua secondari; per questo hanno un assetto piuttosto acclive rispetto ai più modesti depositi laterali di fondo valle e possono risultare sopraelevati anche di oltre 5 metri rispetto all'alveo attuale;

b) - depositi sabbioso-ghiaiosi di delta e di piana terminale dei corsi d'acqua minori. In questo caso, a simiglianza di quanto viene proposto per il materasso alluvionale della cosiddetta Fiumara di Taggia (parte terminale del T. Argentina), i sedimenti olocenici potrebbero accompagnarsi a sedimenti pleistocenici reincisi.

PROGETTO CARG

Spessore dell'Unità e sue variazioni: Lo spessore dell'unità è variabile in funzione soprattutto dell'ordine delle superfici; i depositi (**b_{n4}**) hanno spessori compresi tra i 10 e i 20 metri; i depositi (**b_{n3}**) hanno spessori massimi di circa 50 metri; i depositi (**b_{n2}**) e (**b_{n1}**) hanno spessori variabili fra i 5 e i 10 metri.

Attribuzione cronologica: I depositi (**b_{n1}**) potrebbero essere attribuiti all'Olocene; i depositi (**b_{n2-3-4}**) potrebbero essere attribuiti al Pleistocene medio-superiore. Può essere stabilita una correlazione con i terrazzi fluviali del torrente Nervia, immediatamente ad ovest del Foglio, dove Issel (1892) segnala e documenta, in comune di Camporosso e più precisamente in uno scavo adiacente alla piccola chiesa di Sant'Andrea, in riva destra del suddetto torrente, il rinvenimento di due molari di *Elephas primigenius*, genere entrato in sinonimia a *Mammuthus primigenius*. La località di rinvenimento citata è ubicata su un terrazzo correlabile a quello da noi individuato come (**b_{n2}**) che quindi possiamo ritenere del Pleistocene superiore.

3.2.1.3. - Depositi di frana antica (**a_{1b}**)

I depositi di frana antica (**a_{1b}**) sono rappresentati da accumuli gravitativi antichi di materiale eterogeneo ed eterometrico talvolta coinvolgenti porzioni di substrato; essi possono distinguersi in frane relitte con caratteristiche di frane di materiali incoerenti semicoerenti, di origine spesso complessa, e in frane relitte con caratteri di frane in roccia, prevalentemente "frane di scivolamento gravitativo in massa", sia rotazionale sia planare di scaglie di substrato.

3.2.1.4. - Depositi di spiaggia (**g_2**)

Depositi ghiaiosi e sabbioso-ghiaiosi di spiaggia emersa, di origine sia naturale sia artificiale.

Dove la costa alta e rocciosa non arriva a strapiombo sul mare è presente una discontinua e per lo più sottile fascia di depositi costieri a composizione ghiaioso-ciottolosa o sabbioso-ghiaiosa.

L'origine dei sedimenti è solo parzialmente naturale. Molte sono, infatti, le forme di ripascimento e i corpi di discarica artificiali che ripristinano tratti di spiagge più o meno totalmente smantellate dai crescenti fenomeni di aggressione erosiva marina. Si tratta di spiagge raramente in progradazione, più spesso in evidente arretramento o soggette a forte rischio di erosione.

PROGETTO CARG

3.2.1.5. - Depositi alluvionali (**b**)

Estensione degli affioramenti: Sono i depositi degli alvei torrentizi attuali, maggiormente rappresentati negli alvei dei torrenti Argentina, Prino, Armea, Impero e Oxentina.

Caratteri litologici di terreno: Depositi ciottolosi, ghiaiosi e sabbiosi, mai monogranulari, accumulati lungo le principali aste torrentizie, soggetti ad evoluzione per ordinari processi fluviali. I depositi di questa classe sono decisamente grossolani e, anche nei segmenti più prossimi alla linea di costa dove abbondano le sabbie, non manca mai la componente ghiaiosa con rari ciottoli. Lungo i greti dei torrenti si possono osservare tratti di significativa lunghezza in cui le alluvioni, anche attuali, mancano o sono rappresentate da clasti assai spesso grandi ed enormi che non impediscono l'osservazione del substrato erosivo.

Spessore dell'Unità sue variazioni: da 0,5 a 5 metri circa.

Attribuzione cronologica: Olocene.

3.2.1.6. - Depositi di frana ($\mathbf{a_{1a}}$)

Questi accumuli sono stati distinti in: depositi di frana recente ($\mathbf{a_{1a}}$) e depositi di frana antica ($\mathbf{a_{1b}}$).

I depositi di frana recente ($\mathbf{a_{1a}}$) sono rappresentati da accumuli gravitativi di materiale eterogeneo ed eterometrico con e senza segni di riattivazione recente.

In questa classe sono state cartografate le frane in atto, quelle i cui corpi sono risultati interessati da indizi di attività anche solo a carico di alcune loro parti significative e quelle prive di segni di riattivazione.

I corpi di frana attiva più rilevanti possono essere ricondotti alle seguenti tipologie principali:

- frane complesse di dimensioni significative, talvolta molto rilevanti, sia interamente costituite da materiale detritico caotico, sia coinvolgenti anche porzioni di substrato roccioso, in questo secondo caso hanno dimensioni molto varie soprattutto in senso verticale, con non infrequente componente di tipo scivolamento rotazionale;
- frane di crollo e ribaltamento in roccia, non sempre di facile individuazione all'interno di aree affette da detrizione attiva, da e su pareti rocciose acclivi e a carico di prominenze morfologiche, in quest'ultimo caso soprattutto su substrato in depositi pliocenici;
- frane di dimensioni cartografabili, ma quasi mai particolarmente rilevanti, prevalentemente di forma allungata, a carico di porzioni superficiali delle coperture incoerenti e semicoerenti di versante, con frequenti caratteri di colamento.

PROGETTO CARG

Esempi del primo tipo di fenomeni sono le frane di Ceriana e di San Romolo, le quali hanno subito episodi rilevanti di riattivazione nel 2002 in occasione di eventi meteorologici di particolare gravità. Peraltro, se le più recenti attivazioni o riattivazioni sono riconducibili ad eventi alluvionali, l'origine primaria sembra possa essere riconnessa ad eventi sismici recenti e recentissimi. Gli allineamenti, chiaramente osservabili sia sulle carte sia sulle aerofoto in corrispondenza dei grandi sistemi di faglie come quelle di Taggia, Ospedaletti, Pigna, sono accompagnati da vere e proprie sequele di corpi di frana non tutti attivi, ma comunque importanti e marcati. A fenomeni sismici sono riconducibili, con ancora maggiore affidabilità, i corpi scoscesi e quelli parzialmente ribaltati di Bussana e delle aree periferiche delle prominenze morfologiche in sedimenti pliocenici.

3.2.1.7. - Coltri eluvio-colluviali (**b_2**)

Estensione degli affioramenti: Si tratta delle coperture quaternarie più largamente diffuse e più importanti sotto il profilo paesaggistico, fito-ecologico e produttivo. Sono uniformemente diffuse su tutta l' area rilevata.

Caratteri litologici di terreno: Coperture detritiche di spessore medio ed elevato dovute ad alterazione in situ ed in seguito mobilizzate da processi di versante, costituite da clasti eterometrici di varia litologia in matrice pelitica e sabbioso-ghiaiosa con estesa copertura pedogenetica, assai spesso rimaneggiata.

Nella loro variabilissima forma, estensione e origine, propongono aspetti variabili anche dal punto di vista composizionale, geotecnico e idrogeologico. Sotto il profilo dell'equilibrio geomorfologico di versante esse mostrano in larga prevalenza condizioni che possiamo definire al limite di stabilità. Sono quindi soggette a lentissimi fenomeni di reptazione o al rischio di improvvisi e localizzati fenomeni di scoscendimento.

Spessore dell'unità sue variazioni: La carta riporta soltanto le coltri il cui spessore medio presunto sia stato considerato "medio ed elevato", ossia a partire da spessori presunti di 2-2,5 metri ed oltre.

Attribuzione cronologica: La loro attribuzione all'Olocene recente, ovviamente presuntiva in mancanza di datazioni di alcun tipo nell'ambito del Foglio, può essere in qualche modo avvalorata dai risultati di recenti studi archeologici e paleoambientali. Questi concorrono ad individuare, nell'arco ligure emerso, in depositi torbosi a diretto contatto con il substrato roccioso eroso, una estesa e forte fase di detrizione e di colluviazione attorno a 6.000-5.000 anni da oggi (Cruise, 1990; Cruise *et alii*, 1998).

PROGETTO CARG

3.2.1.8. - Detriti di falda (**a_3**)

Estensione degli affioramenti: Questi depositi sono arealmente diffusi nella zona nord-ovest del Foglio, che risulta essere quella con altitudini medie molto elevate.

Caratteri litologici di terreno: Depositi di versante di origine gravitativa, costituiti da materiali eterometrici con prevalenza di granulometrie grossolane e ciclopiche, spigolosi, in gran parte non cementati e privi di matrice, senza coperture pedogenetiche, disposti lungo fasce al piede di pareti rocciose.

Sono del tutto simili ai depositi della classe precedente dai quali sono discriminati per una maggiore estensione e continuità e per la disposizione lungo fasce ai piedi delle principali pareti calcaree ed arenacee.

Spessore dell'Unità e sue variazioni: Da 1 a 10 metri circa.

Attribuzione cronologica: Olocene.

3.2.1.9. - Detriti di versante, Detriti di versante a grossi blocchi (**a**)

Estensione degli affioramenti: Le principali coltri detritiche di versante di questo tipo sono presenti nelle porzioni settentrionali del Foglio San Remo, in presenza di formazioni arenacee e nelle alte val Nervia (valle delle Tane) e Valle Argentina, in corrispondenza di affioramenti di calcareniti del Luteziano.

Caratteri litologici di terreno: Depositi di versante di spessori variabilissimi, di origine gravitativa, costituiti da materiali eterometrici con prevalenza di granulometrie grossolane talvolta a grossi blocchi, spigolosi, non cementati, con scarsa matrice e litologia in prevalenza arenacea e/o calcarea.

Sono stati compresi in questa voce di legenda gli accumuli detritici sia in forma di coni e fasce più o meno sospesi sui versanti, sia, più spesso, in coni e fasce pedemontane, caratterizzati, in parte o in tutta l'estensione del loro corpo, da fenomeni attivi di accumulo per classica detrizione dall'alto.

Spessore dell'Unità e sue variazioni: Da 1 a 10 metri circa.

Attribuzione cronologica: Olocene.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

V - SISMOSTRATIGRAFIA DELLA PARTE MARINA

1. - IL SUBSTRATO PREPLIOCENICO

Nell'area del Foglio, dato anche il tipo di strumentazione utilizzata per i rilievi, il substrato acustico coincide con la superficie erosiva messiniana, variamente deformata dalla tettonica plio-pleistocenica. In alcuni punti è ben visibile la tipica risposta acustica dei livelli superiori del Messiniano che vengono anche cartografati sul fondo del *Canyon* di Taggia dove si presentano subaffioranti. Talvolta la penetrazione del segnale non è sufficiente a rendere visibile in tutta la reale estensione il fondo di depressioni occupate da depositi plioquaternari molto potenti o a grana grossolana (a risposta acustica diffusa), ma si tratta di problemi limitati, facilmente superabili per interpolazione.

Il motivo saliente dell'andamento morfo-strutturale del substrato è rappresentato dall'alto di S. Lorenzo al Mare. Esso si sviluppa prima in senso N-S poi, sulla scarpata, in senso NW-SE (vedi Structural Model of Italy, Sheet I) separando questo tratto di margine alpino in due settori ben distinti:

- ad E si sviluppa un susbstrato a *trend* morfostrutturali vari, non dissimili da quelli di altre zone del margine ligure di ponente;
- ad W il *trend* risulta più monotono e condizionato da andamenti trasversali allo sviluppo della costa, in media orientati NNW-SSE e NW-SE.

Nel settore orientale è visibile qualche esempio di depressione (*half graben*) a sviluppo subparallelo alla costa, delimitata da faglie immergenti verso terra, motivo tettonico ricorrente sul margine alpino. Al contrario, ad W, le depressioni trasversali alla costa solitamente interrompono gli elementi tettonici longitudinali e verso terra si collegano con le zone emerse che ricettano sedimenti pliocenici. Detti solchi risultano quindi attivi sin dal Pliocene inferiore o dal Messiniano. Per il più importante, su cui è impostato il *Canyon* di Taggia, è disponibile uno schema evolutivo, riportato in Fig. 32. In realtà tutta la zona compresa tra il fianco orientale del *Canyon* di Taggia e il fianco occidentale del *Canyon* di Bordighera rappresenta un unico, vasto *graben*, molto articolato al suo interno, con alti strutturali minori anche di una certa importanza, come quello situato in corrispondenza di Capo Nero, che rende ragione dell'ampiezza della piattaforma in quell'area.

In termini di risposta acustica il substrato in parola può dirsi costituito prevalentemente dai complessi stratificati pre-miocenici e dalle già citate formazioni del Miocene superiore (vedi anche Rehault, 1981), ma non è da escludere che lo sperone di S. Lorenzo segnali la presenza, in posizione subsuperficiale, di un litosoma a reologia e vicissitudini deformative diverse da quelle delle unità affioranti a terra.

PROGETTO CARG

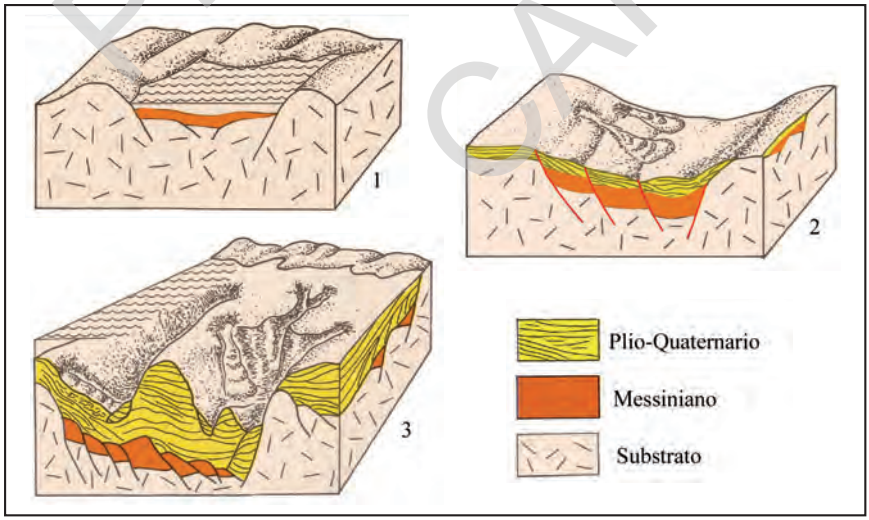


Fig. 32 - *Evoluzione del Canyon di Taggia.*
1) Situazione al Messiniano superiore; 2) Situazione nel Pliocene inferiore; 3) Situazione attuale
Da Corradi *et alii, 1987, modificato.*

2. - IL PLIOCENE

Livelli attribuibili al solo Pliocene si rilevano unicamente nelle depressioni parallele alla costa della piattaforma interna, con risposte acustiche di alta energia. In tutte le altre situazioni detti livelli rappresentano la base di una sequenza sedimentaria continua, senza discordanze interne.

3. - IL PLIO-PLEISTOCENE E L'OLOCENE

La sequenza plio-pleistocenica si compone, alla base, di livelli a potere riflettente medio e variato da sito a sito. Segue una potente parte mediana acusticamente trasparente, sormontata da livelli altrettanto potenti con forti riflessioni interne. Questi ultimi colmano definitivamente numerose depressioni trasversali che hanno conosciuto fasi di attività come paleo*canyon* e/o paleovalli subaeree e determinano una forte progradazione della piattaforma, messa in evidenza dalla conservazione di alcuni corpi riferibili a fasi pleistoceniche di basso stazionamento del livello marino (LST; Fig. 33). Se ne contano da 7 a 12 a seconda dei siti e la sequenza è senz'altro lacunosa, in quanto la geometria

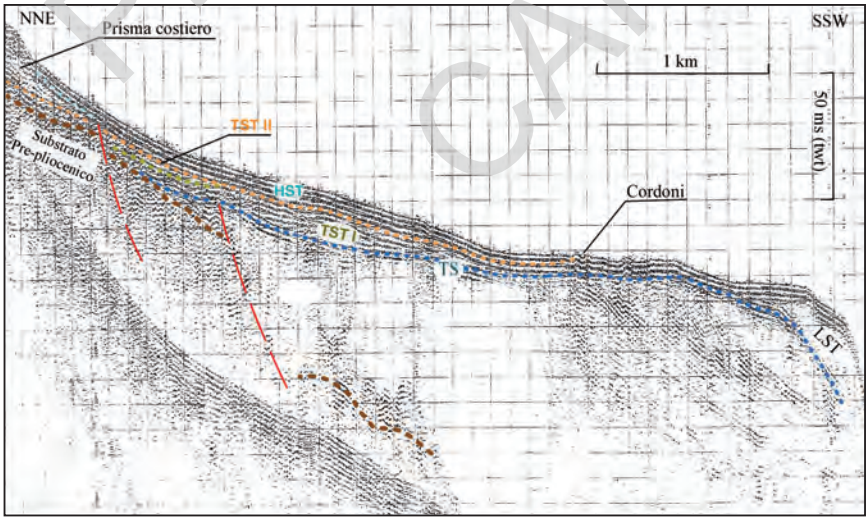


Fig. 33 - *Profilo spaker 1 Kj di fronte a Torre dei Marmi. È conservato "l'accumulo frontale" della piattaforma di basso stazionamento (***LST***) e sono visibili i corpi trasgressivi TST I, TST II. Ubicazione in fig. 34.*

PROGETTO CARG

dei livelli mostra spesso tracce di movimentazioni gravitative non trascurabili. Il corpo di basso stazionamento più recente comprende la già citata "struttura di accumulo frontale" e non è sempre presente sul fronte della piattaforma a causa dei processi gravitativi. Laddove è rilevabile in dettaglio esso risulta distinguibile in due corpi di cui solo l'inferiore ha i caratteri acustici tipici di un LST. Il corpo superiore (struttura di accumulo frontale p.d. Auct.) è acusticamente trasparente e potrebbe essersi deposto al termine della fase di basso stazionamento, con il livello marino già in risalita.

3.1. - I corpi del sistema trasgressivo

La trasgressione versiliana è stata accompagnata in questa zona, come in numerose altre zone del Mediterraneo, da deposizione di sedimenti terrigeni che talora sono riusciti a contrastarne temporaneamente gli effetti, creando corpi deposizionali di una certa importanza e durata nel tempo. Per giustificarne l'esistenza, data la relativa esiguità degli apporti terrigeni in grado di stazionare sulla piattaforma, bisogna ricorrere, qui più che in altre zone, all'ipotesi che la trasgressione stessa abbia conosciuto momenti di stasi o di relativo rallentamento, che in quest'area potrebbero essere dovuti ad una combinazione tra eustatismo e sollevamento del settore di margine solidale alla Catena Alpina.

Si distinguono agevolmente due corpi, in parte sovrapposti. Il più importante (TST a) consta di parti mal stratificate a risposta acustica decisa verso terra e di parti clinostratificate costituite da depositi più fini ed omogenei verso il largo. Risale ad una fase precoce della trasgressione (*younger dryas*?) e appare come originariamente continuo, almeno nel Foglio 258, interrotto solo in seguito da fenomeni di rimobilizzazione gravitativa e dall'attività delle testate dei *canyon*.

Il livello superiore (TST b), al contrario, appare discontinuo, ubicato in corrispondenza delle aree di massimo apporto detritico. Si può affermare che i vari corpi mappati (delta conoidi) appartengono ad un unico livello stratigrafico poiché si sviluppano costantemente intorno ai -20/-25 m per prolungarsi sino ai -50 m con i loro depositi frontali.

In qualche punto la parte lutitica del TST a ha subito limitati collassi per scivolamento rotazionale, a conseguenza del carico dei livelli superiori o di cedimenti alla base.

Sul lato occidentale dell'area in esame i corpi trasgressivi si presentano principalmente in facies di cordoni litoranei discontinui, allungati parallelamente al ciglio della piattaforma.

PROGETTO CARG

3.2. - Il corpo superficiale (**HST**)

L'area del Foglio è caratterizzata, come tutta la piattaforma ligure di ponente (Corradi *et alii*, 1980), da una copertura sedimentaria recente (livello di alto stazionamento) di potenza mediamente modesta, distribuita in maniera varia e irregolare. Si rilevano infatti variazioni di potenza dell'ordine della decina di metri su distanze ridotte.

Gli accumuli principali sono separati da aree con spessori trascurabili. Essi sono rappresentati in carta mediante linee isocronopache.

Da oriente a occidente si riconoscono:

- un corpo sedimentario ben individuato, immediatamente a E di S. Lorenzo al Mare, che presenta sottocosta una potenza massima di 16 m circa e si allunga in direzione NW-SE verso il ciglio della piattaforma;
- un'area a caratteri complessi, compresa tra S. Lorenzo al Mare e Punta S. Stefano. Le isocronopache seguono, sottocosta, l'andamento della linea di riva, per poi disporsi in senso NE-SW. Si rilevano diverse aree di massimo relativo, ma la potenza del livello non supera mai di molto gli 8 metri;
- una vasta area tra S. Stefano al Mare e Bussana, che mostra valori massimi in corrispondenza dei due rami della testata del *Canyon* di Taggia. Verso terra le isocronopache si aprono in direzione delle foci dei due corsi d'acqua (Fiume Argentina e Torrente Armea), ma individuano anche un'area di minimo pronunciato;
- un'area a spessori medi ridotti, tra Capo Verde e Capo Nero, con una fascia intermedia di minimi relativi pressochè continua, che corrisponde al limite della piattaforma interna. I valori vanno crescendo sia verso il ciglio che verso il prisma sedimentario costiero. In prossimità della parte orientale della testata del *Canyon* di Bordighera (*Canyon* del Roja *Auct.*) si ripete la situazione già osservata per il *Canyon* di Taggia. L'apice del canale si avvicina talmente alla costa che in questo settore viene meno il concetto stesso di piattaforma continentale. Masse sedimentarie di un certo volume non possono stazionare a lungo, ma vengono direttamente drenate lungo l'asse del *Canyon*.

Le situazioni descritte hanno un rapporto evidente con la dinamica del margine continentale nell'Olocene recente, anche se restano aperte alcune problematiche.

L'area di deposito di S. Lorenzo è condizionata da un locale rilascio di carichi solidi in sospensione da parte delle correnti lungo costa a circolazione antioraria, che viene poi ridistribuito localmente verso il largo da parte di correnti trattive di fondo a decorso normale alle isobate.

PROGETTO CARG

Le situazioni riguardanti le testate dei *canyon* diventano facilmente inquadrabili se si ammette che le coltri sedimentarie relative rappresentino i "resti" di coltri più vaste e regolari, create dai sostanziosi apporti dei corsi d'acqua retrostanti, aggredite e in parte smembrate da una forte e recentissima fase di erosione regressiva delle testate stesse. Vi è una nutrita serie di dati riportati in letteratura (Chaumillon *et alii*, 1994; Corradi *et alii*, 1984; Estocade Groupe, 1977; Fanucci *et alii*, 1989) che sottolinea la "freschezza" del dinamismo dei *canyon* mediterranei: in questo caso viene testimoniato che i fenomeni non hanno seguito la risalita del livello marino durante la trasgressione postglaciale, ma hanno origine più recente.

Più problematici risultano i caratteri della zona tra S. Lorenzo e Punta S. Stefano. Visti gli andamenti strutturali del substrato, la morfologia degli accumuli sedimentari, al di fuori della fascia sublitoranea, appare condizionata dalla tettonica. In tal caso si ha a che fare con linee attive anche se "cieche".

4. - I SEDIMENTI SUPERFICIALI

La distribuzione delle litofacies superficiali nell'area in esame segue schemi piuttosto semplici. E' costantemente presente una fascia litoranea di areniti che si amplia laddove esistono energici fenomeni di trasporto verso il largo o alti morfologici, mentre si restringe laddove l'idrodinamica è tale da causare il rilascio sottocosta di materiali fini in sospensione.

Le fasce che racchiudono le granulometrie medio-fini seguono solo in parte questi andamenti. La presenza delle testate dei *canyon* le disturba sensibilmente. In particolare il ramo orientale del *Canyon* di Taggia è occupato nella parte alta da silt arenitico, dimostrandosi il più attivo dei due rami sotto il profilo della dinamica dei sedimenti. L'apice del corrispondente ramo del *Canyon* di Bordighera giunge ad influenzare anche la distribuzione delle sabbie costiere.

Un riscontro importante a queste considerazioni è fornito dalla distribuzione delle fanerogame sui fondali. Nella zona di Bordighera è presente solo la *Cymodocea nodosa* , che si distribuisce a piccole chiazze separata in corrispondenza della testata del *Canyon*. Si mantiene discontinua sino a Capo Nero, dove lascia il campo alla *Posidonia oceanica*, estesa su un'ampia fascia (Fig. 3) e ricompare laddove quest'ultima entra in crisi, vale a dire all'uscita del porto di San Remo, alla testata del *Canyon* di Taggia, alla foce del Torrente Armea e in vari altri punti del Foglio, dove la regressione della *Posidonia* è documentata e legata, direttamente o indirettamente, a fattori antropici. La *Posidonia* segue fedelmente, nell'insieme, l'andamento delle fasce delle areniti e delle areniti siltose.

PROGETTO CARG

5. - GLI AMBIENTI DEPOSIZIONALI

Quanto sopra descritto indica che la varietà di ambienti deposizionali è decisamente esigua. L'ambiente litoraneo e sublitoraneo possono essere accorpati in un'unica fascia, subparallela alla linea di costa, anche se il *drift* dei sedimenti più fini è determinato più che altro dalla corrente antioraria del Mar Ligure con il suo ramo prossimo a riva; detto trasporto ha quindi spesso verso contrario a quello determinato dalle *longshore currents* sulla spiaggia sommersa. L'ambiente di piattaforma interna è caratterizzato da un indice di sedimentazione relativamente elevato, mentre sotto questo profilo piattaforma esterna e scarpata possono essere accomunate.

Va tenuto distinto l'ambiente, in continua evoluzione, dei talweg e delle testate dei *canyon*, caratterizzato da una dinamica sedimentaria particolarmente vivace che influenza anche le biocenosi di fondo.

Le differenze tra i diversi ambienti sono evidenziate anche dal trattamento statistico dei dati sedimentologici (fig. 34); si distinguono sostanzialmente quattro tipologie di distribuzione granulometrica:

- la tipologia **A** riguarda sedimenti molto ben classati, caratteristici di ambienti di spiaggia sommersa;
- la distribuzione di tipo **B** è relativa sempre a sedimenti costieri, marcatamente bimodali, in prossimità delle sorgenti di apporto. Fa eccezione un campione situato in piattaforma esterna che viene considerato come un sedimento litoraneo residuale, mescolato con depositi più fini attuali;

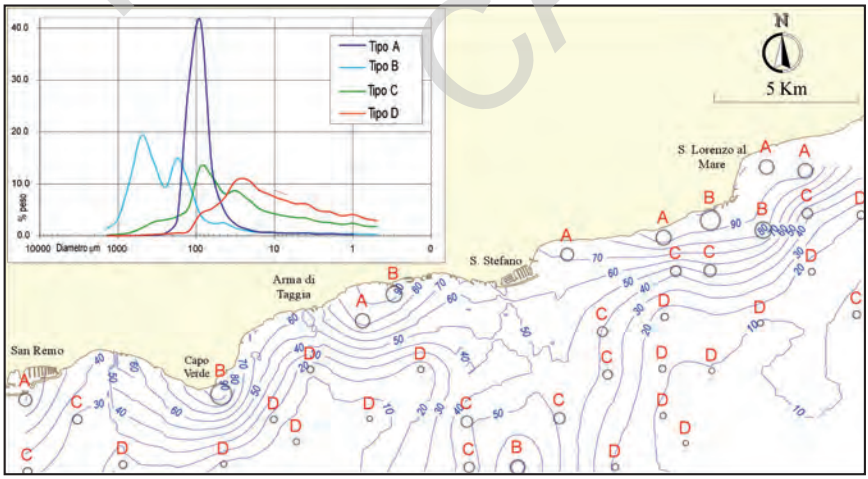


Fig. 34 - *Mappa della tipologia di distribuzione granulometrica. L'ampiezza dei circoletti è funzione del Mean Size. Le isolinee azzurre si riferiscono ai contenuti in frazione arenacea in percentuale.*

PROGETTO CARG

- il diagramma di tipo **C**, con una bimodalità appena accennata, caratterizza alcuni tratti di piattaforma interna e il promontorio sommerso di S. Lorenzo, mentre la distribuzione di tipo **D**, piuttosto appiattita, appare tipica della piattaforma esterna e della scarpata.

6. - LE RIMOBILIZZAZIONI GRAVITATIVE

Assai frequenti nella zona studiata sono fenomeni di rimobilizzazione gravitativa di imponenti masse sedimentarie che interessano la scarpata a vari livelli. Nelle aree del Foglio in esame sono riportati i fenomeni della parte superiore della scarpata stessa: ogni rientranza del ciglio di piattaforma al di fuori delle testate dei *canyon* rappresenta una zona di distacco di frane sottomarine. Data la limitatezza delle aree di scarpata racchiuse nei limiti del Foglio non è possibile appurare se i distacchi abbiano generato correnti di torbida. Comunque, le situazioni più frequenti nella regione sono le seguenti:

a - *slumping* che interessano un considerevole spessore di livelli pleistocenici sulla scarpata. Questi fenomeni danno generalmente luogo a movimenti di limitata entità, ma creano accumuli instabili o destabilizzanti per le zone su cui vanno a gravare come anomali sovraccarichi. Il valore assoluto della pendenza non ha molta importanza: il fenomeno si genera in funzione del rapporto tra angolo di pendio e angolo di riposo del materiale, che varia in base alle caratteristiche geotecniche del sedimento;

b - *sliding* rotazionali classici. Si attivano nelle condizioni più diverse, ma principalmente su fronti di piattaforma e su tratti di scarpata relativamente ripidi o soggetti a bruschi cambiamenti di pendenza, a carico di sedimenti semiconsolidati e a caratteri geotecnici omogenei su ampi spessori (Fig. 35). Su fondali a pendenza variabile il fenomeno in questione può dare origine ad ulteriori disequilibri; si rilevano, ad esempio, *slumping* imponenti messi in moto da *sliding* di modesta entità. Tra i fenomeni di entità notevole sono da rilevare quelli che si attivano, a somiglianza di tante frane subaeree, su pendii soggetti ad una continua erosione al piede (versanti di *canyon* attivi);

c - collassi gravitativi a varia geometria che si presentano in situazioni diverse. Il caso più frequente è quello di fronti di prismi sedimentari progradanti di piattaforma a cui viene a mancare stabilità per attività di una faglia, *shock* sismico o altro processo che mobilizza sedimenti di scarpata, o per cedimento dei livelli di scarpata causato da sovraccarico dovuto alla rapida crescita del prisma stesso. In queste condizioni si producono "smottamenti" senza caratteri geometrici precisi, ma generalmente di lieve entità. Le masse mobilizzate rimangono però instabili e pronte a scoscendere nuovamente.

PROGETTO CARG

Va da sé che il principale fattore scatenante di tutti questi fenomeni può essere e in effetti è, nella zona in esame, la sismicità: facendo astrazione dagli altri fattori citati, che pure hanno notevole importanza, si può dire che, per un margine del tipo in questione, la frequenza e l'entità dei processi di mobilizzazione gravitativa è funzione diretta della frequenza e della magnitudo dei sismi.

Ad un primo esame dei dati disponibili è parso che, nella zona, i processi gravitativi generatori di correnti di torbidità fossero limitati alle testate e ai fianchi delle parti alte dei *canyon*. Recenti studi condotti da un'équipe franco-italiana hanno posto in evidenza anche processi svincolati dai *canyon* stessi. Importanti e ripetuti collassi di masse sedimentarie instabili su fronti di piattaforma, come quello situato di fronte a S. Lorenzo al Mare, producono correnti a forte potere erosivo che divengono esse stesse fattore determinante per la genesi di nuovi solchi sottomarini. Inversamente, frane in bassa scarpata possono propagare verso l'alto l'instabilità generando canali che finiscono per drenare correnti ad alta energia.

In carta sono riportate con uguale simbologia tanto differenziate i movimenti pellicolari che interessano i corpi postglaciali di piattaforma che le zone mobilizzate e/o instabili di scarpata. La tipologia geometrica di queste ultime ricade prevalentemente nei casi ***a*** e ***c***.

PROGETTO CARG

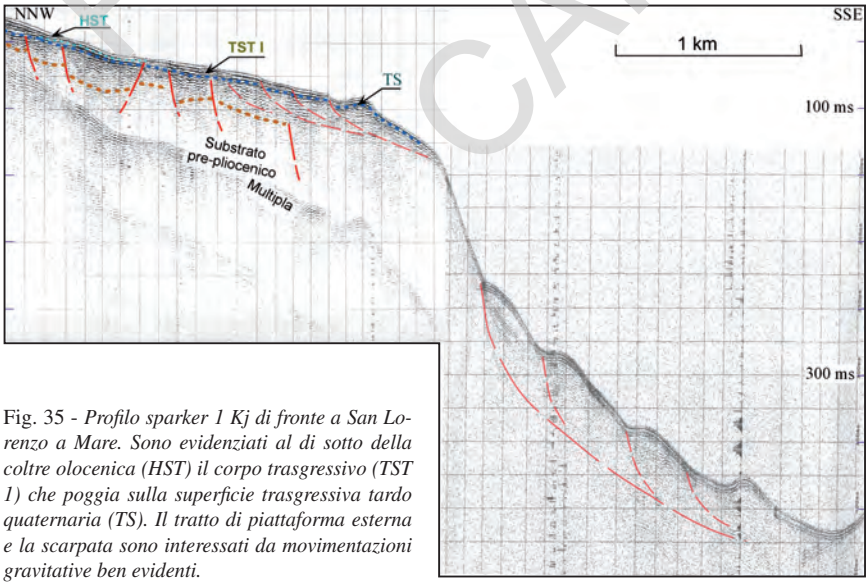


Fig. 35 - *Profilo sparker 1 Kj di fronte a San Lorenzo a Mare. Sono evidenziati al di sotto della coltre olocenica (HST) il corpo trasgressivo (TST 1) che poggia sulla superficie trasgressiva tardo quaternaria (TS). Il tratto di piattaforma esterna e la scarpata sono interessati da movimentazioni gravitative ben evidenti.*

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

VI - TETTONICA

Nel Foglio San Remo affiorano, limitatamente alla sua parte occidentale, terreni appartenenti all'avampaese delfinese-provenzale a cui vengono a sovrapporsi, in corrispondenza di superfici di sovrascorrimento generalmente poco inclinate e secondo un ordine geometrico ben riconoscibile, due unità tettoniche di cui quella superiore viene a coprire più di $^3/_4$ dell' area del Foglio. Queste unità tettoniche e le successioni che le compongono sono il risultato e la testimonianza di una storia geologica complessa, durante la quale si sono avvicendati importanti eventi paleogeografici e geodinamici.

Dell'assetto tettonico si ritiene utile presentare alcune brevi descrizioni di carattere generale relative a settori strutturalmente omogenei. Quindi saranno prese in considerazione le strutture alla macro e mesoscala, quali risultano dalla sintesi dei dati esistenti e dalle osservazioni effettuate nel corso del rilevamento del Foglio. La descrizione seguirà l'ordine di sovrapposizione dall'alto verso il basso. Verranno inoltre presentati i risultati relativi alle strutture della tettonica fragile neogenico-quaternaria.

1 - DESCRIZIONE SINTETICA DELL'ASSETTO TETTONICO

Sulla base delle successioni affioranti, delle giaciture e delle principali deformazioni presenti si può suddividere il Foglio San Remo in 5 aree (fig. 36).

La cronologia e le caratteristiche degli eventi deformativi, per ogni area, sono schematizzate in fig. 37.

Fig. 36 - *Suddivisione delle aree descritte per l'assetto tettonico.*

PROGETTO CARG

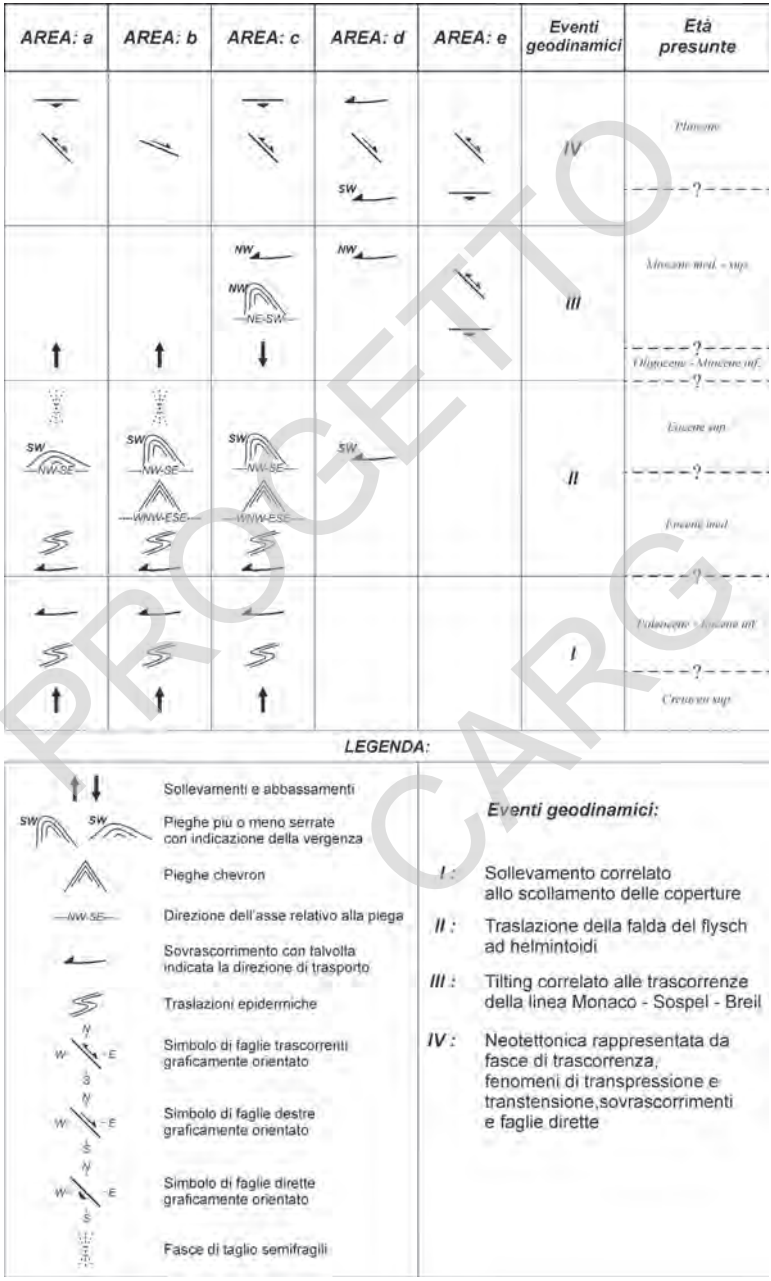


Fig. 37 - Caratteristiche e cronologia degli eventi deformativi per le singole aree.

PROGETTO CARG

1.1. - Area ad est del torrente Argentina

L'area "**a**" è quasi totalmente costituita dalla formazione del "flysch di San Remo" (**FSM**). Il settore centro-settentrionale è caratterizzato da anticlinali rovesciate verso SW (fig. 38), con superficie assiale immergente verso NE con inclinazione compresa tra i 30 e i 40 gradi. Queste strutture presentano fianchi dritti anche chilometrici poco inclinati e fianchi rovesci da molto inclinati a subverticali di limitata estensione. In generale gran parte delle strutture presenti sono riconducibili a *drag folds*. Queste strutture, nei settori sud-orientali, sono interessate in varia misura da numerose faglie dirette ad alto angolo, immerse verso SE e con direzione NNE-SSW, che vengono a ribassare i settori orientali verso la costa. Il settore meridionale è caratterizzato da più blandi piegamenti con superfici assiali subverticali ad andamento N-S e fianchi poco inclinati. Verso la costa sono presenti faglie dirette troncate da sistemi trascorrenti ad andamento NW-SE. In prossimità della valle del torrente Argentina i lembi pliocenici sono interessati, e a volte confinati, da faglie dirette ad andamento subverticale.

PROGETTO CARG

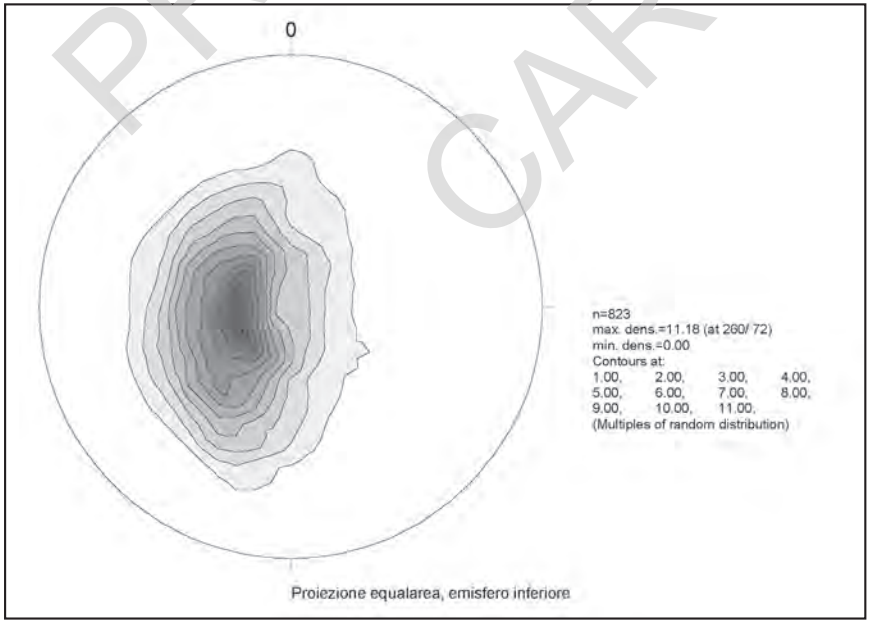


Fig. 38 - *Density Plot relativo al plottaggio di tutte le giaciture di strato della zona "**a**".*

1.2. - Area compresa tra il torrente Argentina-rio Carpasina ed il fronte della falda, esclusi i settori a S del Monte Bignone.

L'area "**b**" è caratterizzata da una serie di anticlinali e sinclinali rovesciate verso SW (fig. 39), con superfici assiali immergenti a NE ed inclinazione compresa tra i 30 e i 40 gradi. Le suddette strutture presentano il fianco rovescio più inclinato di quello dritto. Esse risultano molto evidenti in quanto vengono interessati i contatti stratigrafici tra la "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), le "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) e il "flysch di San Remo" (**FSM**). Lungo l'allineamento Taggia-Baiardo sono presenti importanti sistemi trascorrenti prevalentemente destri, lungo i quali, nel settore subito a N di Ceriana, in finestra tettonica (fig. 40) affiorano terreni appartenenti al "flysch di Baiardo" (**FDB**) ed al "flysch di Ventimiglia" (**FYV**).

PROGETTO CARG

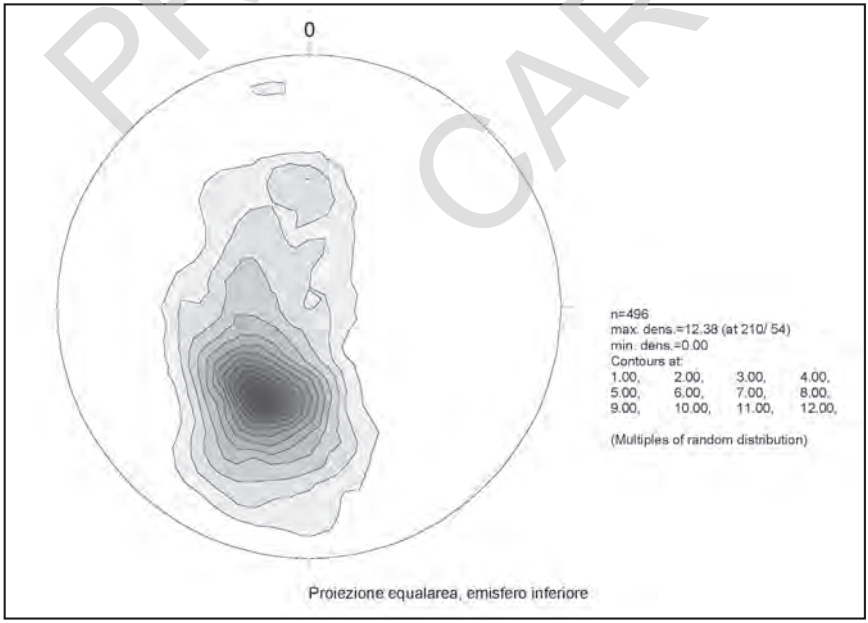


Fig. 39 - *Density Plot relativo al plottaggio di tutte le giaciture di strato della zona "**b**".*

Fig. 40 - *Schema delle evidenze tettoniche della finestra di Ceriana.*

1.3. - Area compresa tra il torrente Argentina ed il fronte della falda a S del Monte Bignone.

Nell'area "**c**" ed in particolare nel suo settore sud-occidentale sono presenti strutture orientate NE-SW (fig. 41), e con superfici assiali con inclinazioni intorno ai 40-60 gradi ed immergenti verso SE, con vergenza NW. I fianchi dritti di queste strutture risultano meno inclinati rispetto ai fianchi rovesci e alcuni nuclei di sinclinali sono interessati da *thrust* con *top to* NW. Riscontri di questi piegamenti ad andamento NE-SW nella sinclinale di Monte Bignone vengono a sovraimporsi alle strutture precedentemente descritte determinando megastrutture d'interferenza. Tutto il settore Ospedaletti - Capo Verde, caratterizzato dal "flysch di San Remo" (**FSM**), presenta giaciture immergenti verso SE con inclinazioni comprese tra 40 e 50 gradi. Strutture fragili ad andamento NW-SE condizionano l'andamento idrografico a N di San Remo.

1.4. - Area Triora-Perinaldo

L'area "**d**" comprende lo stretto settore, occupato dal "flysch di Baiardo" (**FDB**), allungato NNE-SSW e delimitato ad E dal fronte della falda (unità tettonica del

PROGETTO CARG

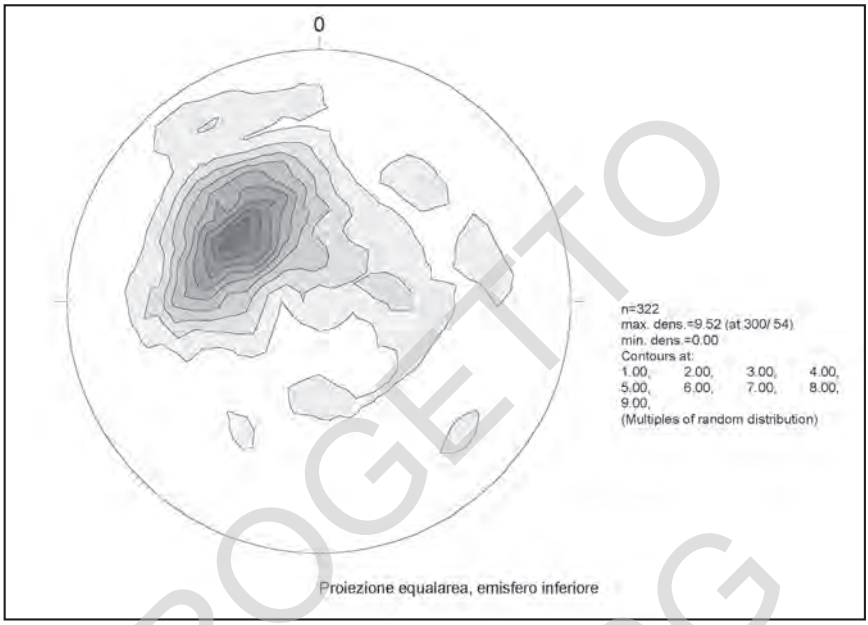


Fig. 41 - *Density Plot relativo al plottaggio di tutte le giaciture di strato della zona "**c**".*

PROGETTO CARG

flysch di San Remo-Monte Saccarello) ed a W dal contatto di sovrascorrimento sul "flysch di Ventimiglia" (**FYV**). In quest'area si può distinguere un settore a S di Monte Ceppo caratterizzato da *thrust* a forte componente trascorrente, con andamento NW-SE *top to* SW che vengono a dislocare i rapporti sia tra il "flysch di Ventimiglia" (**FYV**) e il "flysch di Baiardo" (**FDB**), sia tra il "flysch di Baiardo" (**FDB**) e l' unità San Remo-Monte Saccarello ("formazione di San Bartolomeo" **SBA** e le "Arenarie di Bordighera" **ABG**). Subito a N di Baiardo, importanti trascorrenti destre, di estensione chilometrica ad andamento NW-SE dislocano, in egual misura, i terreni del "flysch di Baiardo" (**FDB**) (unità tettonica Baiardo-Triora), della "formazione di San Bartolomeo" (**SBA)** e delle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) (unità tettonica San Remo-Monte Saccarello) e del "flysch di Ventimiglia" (**FYV**).

La dinamica che determina queste strutture nella zona a NE di Perinaldo porta ad un innalzamento e basculamento di blocchi che vengono a determinare spessori differenti dell'unità tettonica Baiardo-Triora e quindi nel "flysch di Baiardo" (**FDB**).

Questo settore a N di Baiardo, ed in particolare l'area di Colla Langan-Molini di Triora, risulta meno interessato da movimenti tardivi della falda, per cui si hanno estensioni degli affioramenti molto maggiori rispetto al settore S.

In località Carmo Albarozza, a S di Molini di Triora, è presente un *klippe* di "flysch di Ventimiglia" (**FYV**) che appoggia sul "flysch di Baiardo" (**FDB**). Quanto sopra viene interpretato come una scaglia dell'autoctono sovrascorsa sul "flysch di Baiardo" (**FDB**) nelle fasi tardive che portano ad una duplicazione delle strutture tettoniche. Nella zona di Colla Langan, un sistema di faglie dirette antitetiche viene a determinare un basso strutturale, nel quale rimane incastonata, all'interno del "flysch di Ventimiglia" (**FYV**), una grossa porzione del "flysch di Baiardo" (**FDB**). Tutta l'area è caratterizzata da brecce tettoniche a contatto tra i fronti di accavallamento dell'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello sull'unità tettonica Baiardo-Triora. Nel settore meridionale sopra descritto, dove l'affioramento dell'unità tettonica Baiardo-Triora risulta estremamente limitato, gli orizzonti brecciati risultano particolarmente estesi e sono da collegare ai movimenti, posteriori all'arrivo delle falde, che rimobilizzano il fronte dell'unità San Remo-Monte Saccarello.

PROGETTO CARG

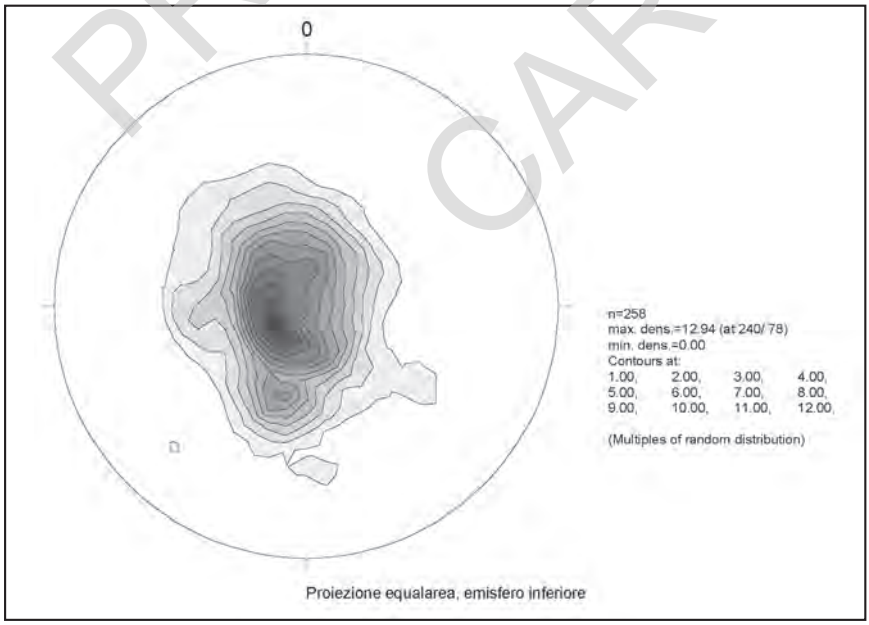


Fig. 42 - *Density Plot relativo al plottaggio di tutte le giaciture di strato della zona "**e**".*

1.5. - Area Buggio-Colla Melosa

L'area "**e**" si estende nell'estremo quadrante NW del Foglio. Le unità appartenenti all'avampaese, Dominio Delfinese-Provenzale, risultano più o meno piegate (fig. 42) e fortemente interessate da una tettonica fragile caratterizzata da faglie dirette ad andamento E - W che determinano un generale abbassamento verso S. Questi sistemi di faglie vengono intersecati da strutture fragili ad andamento NW-SE che presentano evidenti aspetti di trascorrenza sia sinistra che destra.

2. - IL DOMINIO PIEMONTESE-LIGURE

2.1. - Unità tettonica San Remo-Monte Saccarello

L'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello si estende nelle Aree "**a**", "**b**" precedentemente citate. Nell'area "**a**" è evidente la presenza quasi esclusiva del "flysch di San Remo" (**FSM**) qui rappresentato maggiormente nel settore N dal "membro di Villa Faraldi" (**FSM_2**) e in quello S dal "membro di San Lorenzo" (**FSM_4**). Il "membro di Capo Mele" (**FSM_1**) e il "membro San Michele" (**FSM_3**) affiorano in modo subordinato.

Le caratteristiche litologiche e i passaggi stratigrafici ed eteropici tra i vari membri non sempre permettono di evidenziare gli eventi deformativi a cui questa parte dell'unità tettonica è stata sottoposta. L'assenza di litologie riconducibili alla "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), che per le sue caratteristiche litologiche ha registrato maggiormente le varie fasi deformative, fa presupporre che il "flysch di San Remo" (**FSM**), trovandosi nella posizione geometrica più elevata, abbia più passivamente partecipato alla strutturazione della falda.

La polarità degli strati ha rilevato la presenza di pieghe coricate riconducibili a parassite di vario ordine aventi assi prevalentemente NW-SE e superfici assiali più o meno inclinate e immergenti verso NE. Alle pieghe è associato, negli strati a maggior componente pelitica, un clivaggio di tipo *slate cleavage*, mentre nei banchi più calcareo-marnosi si sviluppa un clivaggio di fratturazione e/o dissoluzione.

Le pieghe formano un sistema asimmetrico a polarità europea con chiusure delle antiformi rivolte verso SW. Queste strutture sono particolarmente evidenti nel transetto Monte Sette Fontane-Monte Moro, nel settore a NW di Dolcedo e di Pantasina e ad W di Villa Talla. Verso la costa, nel settore a N di Santo Stefano al Mare e San Lorenzo al Mare sono presenti più blandi piegamenti con superfici assiali subverticali ad andamento N-S e fianchi poco inclinati. Questi caratteri sono evidenti nella struttura sinforme ad W di Lingueglietta.

PROGETTO CARG

Laddove prevalgono banchi e strati calcareo-marnosi ("membro di Capo Mele" **FSM_1**; "membro di Villa Faraldi" **FSM_2**; "membro di San Michele" **FSM_3**) sono spesso presenti fasce di taglio semifragili con andamento subverticale, orientate in varie direzioni, rappresentate da due famiglie di piani che si intersecano mantenendo tra loro un angolo costante di circa 20°.

Nel settore ad W di San Lorenzo, la presenza di assi ortogonali tra loro, con prevalenza di quelli ad andamento E-W, potrebbe essere interpretata come una dispersione degli stessi anche a seguito di più fasi deformative. L'esiguità e la non continuità degli affioramenti non permettono di approfondire maggiormente la suddetta problematica.

Nell' area "**b**" a N del Monte Bignone, la polarità degli strati ed i passaggi stratigrafici tra la "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), le "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) e il "flysch di San Remo"(**FSM**), hanno rilevato la presenza di pieghe coricate aventi assi prevalentemente NW-SE. Queste pieghe sono caratterizzate da *drag folds* che presentano superfici assiali mediamente inclinate verso NE. Le suddette strutture sono caratterizzate da un fianco rovescio più inclinato di quello dritto. A nucleo delle sinclinali sinformi affiorano terreni appartenenti alla formazione del "flysch di San Remo" (**FSM**) (settore nord di Montalto, bassa Valle Oxentina, pendici meridionali di Monte Neveia), mentre nei nuclei delle anticlinali affiora frequentemente la "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**) (pendici sud-occidentali del Monte Fenaira, settori sud ed ovest di Carpasio, subito a nord-ovest e sud-est di Monte Neveia e a nord-est di Ceriana). Sono presenti anche strutture antiformi che hanno al nucleo terreni appartenenti alle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) (tra Monte Alba e Poggio Mandolini, a nord e a sud di Cima del Passo, in sponda sinistra del torrente Argentina). Si tratta di strutture che presentano assi plurichilometrici con cerniere caratterizzate da pieghe prevalentemente concentriche nelle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) e simili nella "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**). Da segnalare inoltre che, esclusivamente nella "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), si registrano almeno due fasi deformative duttili: la prima, D1, caratterizzata da pieghe a *chevron* aventi direzione compresa tra 80° e 120° N e piani assiali per lo più subverticalizzati; la seconda, D2, con pieghe di estensione chilometrica, con assi che hanno all'incirca direzione WNW-ESE e piani assiali immergenti verso NE rovesciate verso SW. Le pieghe formano un sistema asimmetrico, a polarità europea con chiusura delle antiformi rivolte verso SW. Alle suddette pieghe è associato, nelle "litofacies **SBA_b** e **SBA_c**", un clivaggio molto pervasivo, *slaty cleavage*, ripiegato dalla seconda fase per cui non sono sempre evidenti le S_0. La situazione è molto evidente lungo la strada Badalucco-Triora, nel tratto Badalucco-San Giovanni della Valle. Le figure d'interferenza fra le due suddette fasi deformative sono particolarmente evidenti nelle zone di transizione

PROGETTO CARG

tra la litofacies **SBA$_d$** e **SBA$_e$**, ed in particolare negli affioramenti sul versante settentrionale della Valle Oxentina. Va inoltre precisato che, dove prevale la componente carbonatica (**SBA$_e$**), sono spesso presenti fasce di taglio semifragili, del tutto simili a quelle osservate all'interno del "flysch di San Remo" (**FSM**). Queste attraversano le predette strutture e sono caratterizzate da piani subverticali con direzioni variabili formanti un angolo tra loro di circa 20 gradi.

Nel settore subito a S del torrente Armea, la giacitura degli strati ha evidenziato immersioni verso NE nel tratto Monte Bignone-Cima della Scaletta, per poi progressivamente disporsi, da quest'ultima località e sino oltre Verezzo, verso E e quindi SE. Quanto sopra porta alla identificazione di una figura d'interferenza dovuta ad una fase deformativa, D3, caratterizzata da assi all'incirca NE-SW che viene a sovrapporsi ad una precedente struttura, D2, con assi ad andamento WNW-ESE. Quest'ultima fase deformativa, D3, risulta evidente analizzando la parte SW di questo settore dove si è in presenza di una serie di antiformi e sinformi coricate verso NW, con superfici assiali immergenti verso SE ed inclinazioni di circa 40-60 gradi. In particolare l'antiforme che si sviluppa lungo l'allineamento Arziglia-Monte Nero-Monte Carparo, con nucleo costituito dalle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) e con superfici assiali immergenti verso SE, presenta un fianco dritto a SE ed un fianco rovescio a NW. Di particolare interesse è la presenza sui due fianchi del "membro villa Faraldi" (**FSM$_2$**) e delle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**), caratterizzati da piegamenti sinclinali ed anticlinali, con fianchi dritti e rovesci con asse NW-SE testimonianti precedenti deformazioni SW vergenti. In queste strutture le sinformi caratterizzate dal "flysch di San Remo" (**FSM**) sono interessate da *thrust* immergenti verso SE e con *top to* NW.

3. - IL DOMINIO SUB-BRIANZONESE

3.1. - Unità tettonica Baiardo-Triora

L'attribuzione di questa unità, che si sviluppa nel settore orientale dell'area "**d**", ad un Dominio Sub-Brianzonese va ricercata nel fatto che, durante il mesozoico, questo Dominio veniva a rappresentare la zona di transizione tra il Dominio Brianzonese e quello Delfinese-Provenzale. A sud del Pelvoux e fino al Mar Ligure gli affioramenti attribuibili al Sub-Brianzonese vengono progressivamente a ridursi e sono principalmente rappresentati da serie che culminano con un "flysch nero" argilloso-arenaceo dell'Eocene medio-superiore quasi ovunque scollato dal substrato originario. Più in particolare tra il Colle di Tenda e Bordighera il fronte delle falde Alpine non è rappresentato, come nei settori settentrionali, da unità appartenenti al Dominio Brianzonese, ma da unità appartenenti al Dominio

PROGETTO CARG

Piemontese-Ligure. Il contatto tettonico, tra il fronte delle falde alpine e il Dominio Delfinese-Provenzale, avviene attraverso dei "lembi interposti" caratterizzati da scollamenti e carreggiamenti di unità derivanti da settori paleogeograficamente esterni a quello Brianzonese, (unità definite da Lanteaume (1968) con il termine di "*parautochtone*" che vengono a localizzarsi esclusivamente al margine del massiccio dell'Argentera-Mercantour. Questi "*lambeaux de charriage*" (Lanteaume, 1968) presentano a S di Triora delle variazioni sensibili rispetto ai settori settentrionali e fuori dal Foglio. Nella zona di Triora i "lembi interposti" tra il fronte della falda dell'unità San Remo-Monte Saccarello e le unità autoctone del Dominio Delfinese-Provenzale sono caratterizzati da olistoliti e scaglie tettoniche di notevoli dimensioni, prevalentemente derivanti dal Dominio Delfinese - Provenzale (zona di Drego, Agaggio superiore, Aigovo), sia dall'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello (Colla Langan). Questi grossi olistoliti risultano inglobati in arenarie fini con intercalazioni siltoso arenacee e siltoso argillose, ed arenarie fini con numerose intercalazioni calcaree a patina giallastra inglobanti microbrecce e brecce poligeniche e da termini con caratteristiche simili a quelli che contraddistinguono il "flysch di Ventimiglia" (**FYV**).

In questo settore i rapporti con il "flysch di Ventimiglia" (**FYV**) avvengono attraverso superfici di sovrascorrimento che si sviluppano secondo superfici suborizzontali poco inclinate verso E e NE, interessate da livelli fortemente tettonizzati. Subito a S di questo settore i "lembi interposti" risultano fortemente tettonizzati e ridotti a seguito dei sovrascorrimenti tardivi del fronte dell'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello. A sua volta il "flysch di Baiardo" (**FDB**) risulta scollato e brecciato per sovrascorrimento sul "flysch di Ventimiglia" (**FYV**). Di un certo interesse è la tettonica trascorrente prevalentemente destra ad andamento NW-SE, che in alcuni settori viene a determinare veri e propri *thrust* essendo presenti superfici di faglia poco inclinate. Le suddette superfici, immergono a NE e i *thrust* presentano un *top to* SW. Il contatto tra l'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello e l'unità tettonica Baiardo-Triora avviene con forte *rabotage* basale esasperato dai movimenti tardivi che portano, in questo settore, ad un avanzamento del fronte delle falde sul "flysch di Baiardo" (**FDB**). Ciò è particolarmente evidente nella zona ad ovest di Monte Ceppo dove le superfici di scollamento vengono a piallare sia il nucleo anticlinalico, costituito dalla "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), che i fianchi costituiti dalle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**). Nel settore Baiardo-Monte Ceppo le strutture, che coinvolgono le "Arenarie di Bordighera" (**ABG**) e la "formazione di San Bartolomeo" (**SBA**), risultano piallate secondo superfici di scorrimento suborizzontali o poco inclinate verso E che generano brecce derivanti dalla macinatura delle formazioni sovrastanti.

PROGETTO CARG

4. - IL DOMINIO DELFINESE-PROVENZALE

4.1. - Zona di avanfossa-avampaese

Quest'area si estende nel quadrante NW del Foglio (area "**e**"). Le unità appartenenti al Dominio Delfinese-Provenzale, e quindi all'autoctono, risultano debolmente piegate e fortemente interessate da una tettonica fragile. E' presente un sistema di faglie sia dirette che trascorrenti.

Le prime presentano piani subverticali e determinano un generale abbassamento verso S, le seconde sono prevalentemente orientate NW e SE e mostrano deboli rigetti che definiscono trascorrenze sia destre che sinistre. Merita particolare attenzione la faglia diretta presente a Colla Melosa, la quale, con orientazione E-W e piano subverticale, provoca un notevole abbassamento del "flysch di Ventimiglia" (**FYV**), posizionato a S di essa, che si va a collocare alla stessa altezza delle "marne e calcari marnosi di Trucco" (**TUC**). Nei pressi del paese di Pigna la fascia di trascorrenza destra Taggia-Saorge, ad andamento destro NW-SE, è messa in evidenza dalla presenza di specchi di faglia pluridecametrici, accompagnati da orizzonti di brecce molto estesi, intorno ai 10-15 metri (fig. 43, 44). Significative sono inoltre le manifestazioni di acque ipotermali sulfuree, il che fa presupporre un notevole sviluppo della struttura anche in profondità.

Fig. 43 - *Orizzonti metrici di brecce tettoniche che accompagnano la fascia di trascorrenza destra Taggia-Saorge. Località Pigna.*

PROGETTO APG

Fig. 44 - *Specchio di faglia (con direzione NW-SE) pluridecametrico nei pressi del paese di Pigna lungo la fascia di trascorrenza destra Taggia-Saorge.*

PROGETTO CARG

5. - EVENTI NEOTETTONICI

5.1. - Aree Emerse

Nel Foglio sono presenti elementi tettonici che vengono ad interferire con tutte le strutture precedentemente descritte e che sono quindi successivi alla fase deformativa D3. Questi eventi hanno prodotto movimenti differenziali tra settori relativamente stabili, settori in abbassamento e in sollevamento (Giammarino *et alii,* 1978; Boni *et alii,* 1978, 1980). Si sviluppa quindi una tettonica fragile in cui prevalgono le direzioni NW-SE e le direzioni NE-SW; in particolare si sono formati importanti strutture: *graben*, nei quali rimangono intrappolati sedimenti del Pliocene inferiore, ed *horst,* sui quali si verifica un rapido smantellamento degli stessi sedimenti. Particolarmente significativo è l'affioramento subito a W di Monte Albareo, intorno a quota 490 m, dove in un piccolo e stretto *graben*, caratterizzato da un sistema di faglie ad andamento NW-SE, rimangono impigliati sedimenti argilloso-marnosi delle "argille di Ortovero" (**ORV**), che evidenziano associazioni a foraminiferi di ambiente batiale. Alquanto significativo è inoltre il tratto terminale del torrente Argentina dove sistemi di faglie ad andamento prevalentemente NNE-SSW vengono a ribassare verso il centro della valle

depositi pliocenici confinati, nel settore Bussana-Bussana Vecchia, da faglie ad andamento NW-SE. Sulla riva sinistra faglie dirette con gli stessi andamenti vengono a delimitare l'*horst* del Poggio, costituito dal "membro di Villa Faraldi" (**FSM_2**), che viene a confinare a N gli affioramenti pliocenici di Castellaro.

Lo sviluppo di questa tettonica fragile porta alla strutturazione della sezione terminale, attualmente ancora in evoluzione, della Valle Argentina. Quest'ultima è caratterizzata dalla notevole ampiezza, che contrasta con la ristretta parte di valle subito a monte e dalla presenza di una sponda sinistra ripida e lineare, in netto contrasto con quella destra che risulta orlata da una successione di sedimenti terrazzati e ferrettizzati, unici nel Foglio. Boni & Peloso (1973) attribuiscono al Pleistocene medio-superiore le alluvioni inferiori sabbioso-ghiaiose e le alluvioni terrazzate, prevalentemente ciottolose a matrice sabbiosa, fortemente alterate.

Soprattutto questi ultimi depositi risultano appoggiati su sedimenti del ciclo pliocenico marcatamente ribassati. Relitti meno estesi di sedimenti ferrettizzati si rinvengono anche in sinistra idrografica, nel segmento apicale della conoide deltizia.

Nel tratto costiero compreso tra Riva Ligure e Aregai, il sistema di faglie ad andamento NW-SE viene a delimitare e dislocare i sedimenti pliocenici e a troncare a N di Pompeiana la faglia diretta ad andamento E-W. Nel tratto costiero da Santo Stefano al Mare, sino al limite orientale del Foglio, anche l'affioramento pliocenico, subito a N in località Terre Bianche, risulta intrappolato e condizionato da sistemi di faglie ad andamento SW-NE e SE-NW.

Tra le strutture neotettoniche, non va sottovalutato il ruolo svolto dalla fascia di trascorrenza, prevalentemente destra, lungo l'allineamento NW-SE, Taggia-Saorge (Giammarino *et alii*, 1978). Tale struttura risulta ancora sismogeneticamente attiva (Madeddu *et alii*, 1996 e EVA *et alii*, 1999) dal tardo Messiniano o, al massimo, dall'esordio del Pliocene inferiore. A tale evento, concomitante alle fasi di individuazione della trasgressione pliocenica, va correlata la genesi delle "brecce di Taggia".

L'affioramento pliocenico, con sedimenti attribuibili all'ambiente batiale, di quota 490 metri, subito ad W di Monte Albareo ed a una distanza di più di cinque km dall'attuale linea di costa, viene a documentare importanti eventi neotettonici tardo plio-pleistocenici che interessano la fascia costiera e condizionano il reticolo idrografico. Quest'ultimo presenta evidenti catture, brusche deviazioni dei solchi fortemente incisi, salti ancora marcati del profilo di fondo, zone di affluenza pensili ed in controcorrente. A sistemi di faglie si possono ricondurre ulteriori elementi assai caratteristici della morfologia della porzione costiera del Foglio. Si fa riferimento alle molte selle e sequele di pareti, talvolta ancora evidenti, con andamenti W-E o WNW-ESE. Agli stessi effetti della neotettonica più recente

PROGETTO CARG

si riconducono i tratti rettilinei della costa ad E di San Remo. La fascia costiera molto prossima alla battigia è orlata da una fascia di depositi attuali, discontinua e prevalentemente molto esile, seguita da una fascia pianeggiante viceversa assai più sviluppata longitudinalmente, anche se di ampiezza assai variabile e raramente rilevante, riconducibile ad un primo terrazzo marino sospeso, attestato al di sotto dei 25 metri sul livello attuale del mare e attribuito al Pleistocene medio-superiore (Peloso & Cameron , 2001).

A quote variabili, mediamente riconducibili all'attuale quota dei 300 metri s.l.m., si sviluppano sporadiche e più o meno marcate creste pianeggianti raccordabili in forme vagamente parallele all'andamento della costa. Il loro aspetto e sviluppo potrebbe essere dubitativamente ricondotto a modellamento marino, nel qual caso si potrebbe prospettare (Boni *et alii*, 1978) un'età pliocenica.

Molte delle colline più basse della fascia altimetrica, compresa circa tra le isoipse dei 100 e dei 30 m, sono assai frequentemente, e per estensioni anche molto pronunciate, contrassegnate da creste terrazzate il cui profilo longitudinale ricorda forme relitte di antiche piattaforme continentali. Tra i terrazzi di crinale, presuntivamente di antica origine marina, e il terrazzo marino costiero più basso in quota, si susseguono forme terrazzate reiterate che altrove sono state riconosciute francamente marine e attribuite, anche in questo caso da Peloso & Cameron (2001), al Pleistocene inferiore.

Con riferimento alle quote attuali sul livello del mare, le tracce delle singole massime ingressioni marine si attesterebbero, rispettivamente, fatte salve le dislocazioni verticali legate agli eventi neotettonici: a) attorno alla attuale quota dei 300 metri con riferimento all'ultima fase del ciclo pliocenico; b) sui 100-110 metri per quanto riguarda le forme erosive corrispondenti al massimo sviluppo dell'ingressione calabriana; c) sugli 85-90 metri, con frequente presenza di spianate attestate sui 75 metri, del tutto compatibili con il massimo dell'ingressione siciliana; d) sui citati 20-25 metri per il massimo dell'ingressione tirreniana.

Significativo è il fatto che lungo tutti i maggiori corsi d'acqua, sono presenti uno o più terrazzi sospesi. Il più basso, e prossimo all'attuale *talweg,* è decisamente il più rappresentato. Scavi e spaccati mostrano molto spesso la presenza di sedimenti fluviali grossolani misti a materiali di riporto o di semplice rimaneggiamento. La loro radice è quasi sempre invasa da depositi di versante; talvolta il materiale di pendio ha forme di cono e invade il terrazzo per porzioni rilevanti della sua relitta estensione.

Un ulteriore significativo dato, che mette in evidenza come i rapporti terra-mare siano stati alquanto evidenti, è rappresentato dal materasso alluvionale recente della fiumara di Taggia che colma la valle terminale del torrente Argentina, il cui spessore, stimato in media da Peloso & Cameron (2001) sui 30 metri, raggiungerebbe una profondità massima di 70 m e ben 20 metri circa già

PROGETTO CARG

all'apice della piana deltizia. Si tratta di valori che non trovano corrispondenza in analoghe forme indagate in altre parti della Liguria occidentale.

5.2. - La tettonica fragile neogenica nella Parte a Mare

Quanto espresso nei capitoli I e III inquadra l'area in esame come un margine originariamente trasforme, sovraimposto ad una catena giovane. La fascia trascorrente (o trasformante) a cui si fa riferimento è quella, orientata WSW-ENE, su cui è impostata la ripida scarpata inferiore del margine continentale delle Alpi liguri (scarpata di Imperia *Auct*.). Struttura attiva nel corso delle ultime fasi d'apertura del bacino ligure-provenzale (Miocene inferiore), può considerarsi eredità strutturale del prolungamento o delle vicarianti orientali della *North Pyrenean Fault*. Le strutture di questa fascia si riattivano a più riprese, soprattutto durante la fase di collasso del Pliocene inferiore e il successivo "rimbalzo" verso l'alto, come strutture fragili a cinematica diretta .

Va ricordato che, in tutta la regione ligure-provenzale (tra Genova e Frejus), il termine "margine continentale" non indica un'entità morfostrutturale a estensione costante nel tempo, (fatta astrazione dalle oscillazioni eustatiche), ma comprende una vasta fascia che va dalle faglie al piede della scarpata, sopra citate, sino alle aree di retroterra in cui affiorano depositi marini pliocenici e forse anche oltre. La fase di collasso del Pliocene inferiore interessa tutta la suddetta fascia che si va successivamente restringendo durante le fasi di innalzamento, che la interessano solo parzialmente; si delinea, nel Pleistocene, un importante limite morfostrutturale che separa il settore distale del margine, subsidente, dal settore prossimale, sostanzialmente solidale alla catena.

Ne consegue, tra l'altro, che la costa non rappresenta, come avviene in altre zone, un approssimativo limite tra due settori morfotettonici, ma fa parte di un'unica fascia strutturale, al cui interno strutture minori si incaricano di separare zona costiera e piattaforma interna, mentre strutture di importanza maggiore segnano il limite tra piattaforma interna ed esterna. Quest'ultima è da considerarsi stabile o a cinematica verticale molto ridotta.

Le strutture trasversali al margine sono schematizzabili come segue:

a) nel settore centro occidentale dell'area domina un sistema di linee subparallele, orientate circa NW-SE, che condizionano l'assetto del substrato, con l'eccezione dei pochi siti dove compare un sistema circa N-S. Linee minori di varia orientazione condizionano alcuni tratti della costa;
b) il sistema N-S si presenta importante sul promontorio sommerso di S. Lorenzo, associato ad alcune E-W e a linee minori NW-SE, che potrebbero essere considerate segmenti di un'originaria fascia Saorge-Taggia, disarticolata da fasi deformative recenti;

PROGETTO CARG

c) il promontorio è tagliato da una importante linea SW-NE, che si ricongiunge a oriente con un sistema NNE-SSW, inattivo nel Pleistocene;
d) al limite orientale del Foglio ricompaiono le direttrici SW-NE , assieme a linee subparallele alla c) e ad altre, orientate NNE-SSW.

Tutte le linee citate hanno avuto cinematica diretta durante le fasi pleistoceniche.

Le linee cartografate sono quindi faglie dirette, la cui attività risulta sia dalle dislocazioni rilevate direttamente sia da una frequente attività micro e macrosismica. Nei casi, riscontrati tipicamente nell'area del Foglio, in cui certe strutture non tagliano sedimenti recenti, ma vi sono dati sismologici attendibili sulla loro attuale attività, si è deciso di cartografare ugualmente le strutture stesse come "*faglie cieche*", non ancora propagatesi in superficie, oppure non registrate come discontinuità da coperture sedimentarie a risposta duttile (fig. 45).

L'origine di un tale complesso sistema di strutture fragili deve risultare da diverse fasi deformative sovraimposte, con continuo rigioco degli elementi preesistenti. Gran parte delle linee trasverse sembra far parte di un sistema coniugato, con massimo sforzo orientato circa N-S, che potrebbe risalire a fasi deformative sia precoci che recenti. La loro cinematica recente è di natura disgiuntiva e transtensiva. Altre strutture possono essere considerate come linee di *transfer* rispetto ai sistemi di *step-fault* della scarpata.

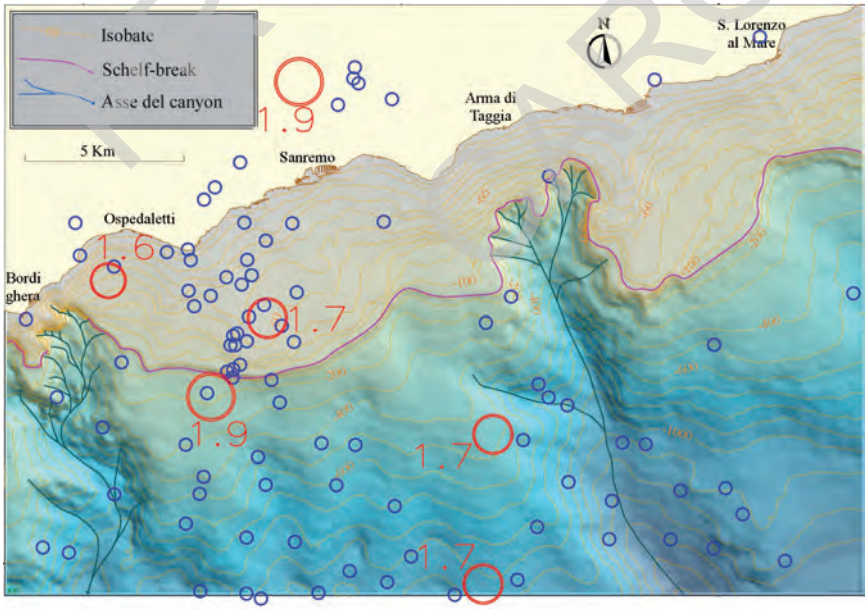


Fig. 45 - *Carta morfo batimetrica e della sismicità (1982-2002). Da catalogo della simicità italiana (CSI 1.0) dell' INGV-CNT, modificato. Gli epicentri blu rappresentano un'attività microsismica senza ulteriori precisazioni, per i rossi è indicata la magnitudo.*

PROGETTO ARG

Faglie inverse sono riconoscibili per brevissimi tratti e non cartografabili; oltretutto sussiste la possibilità che rappresentino effetti transpressivi di faglie trascorrenti a rigetto limitato come quelle rilevate in alcuni tratti della fascia costiera, sia a terra che a mare. Non è stata rilevata alcuna evidenza di un prolungamento a mare della linea Soarge-Taggia.

6. - SISMICITÀ

L'area del Foglio è considerata sin da tempi storici ad alta sismicità. Il principale terremoto storico verificatosi in questa zona è rappresentato dall'evento del 23 febbraio 1887. L'epicentro, in mancanza di dati certi, viene presumibilmente ubicato nel tratto di mare antistante Bussana. Questo evento, di magnitudine Ms = 6,4 (Camassi & Stucchi, 1996), ha determinato ingenti rovine sia lungo la riviera della Liguria occidentale sia nel suo entroterra. Le località di Bussana, Castellaro, Ceriana e Baiardo, comprese nel Foglio, furono duramente colpite tanto da registrare 339 morti e 205 feriti.

Un altro evento di notevole importanza è quello che ha interessato le Alpi marittime nel 1564 (Ms = 5,9) e la cui posizione risulta controversa. Da ricordare inoltre i terremoti verificatisi nel Mar Ligure nel 1963, in particolare una delle due scosse principali è stata valutata di magnitudine Ms = 5,9. Per l'analisi della sismicità attuale sono stati considerati i dati rilevati dalla rete sismica regionale nel periodo 1983-1999 (Eva *et alii,* 1992) e da quelle francesi localizzate lungo il margine delle Alpi occidentali. In questo periodo sono stati localizzati 7.000 eventi con 1,5 < Ml < 5,0.

In figura 46 (Eva *et alii,* 1999) viene riportata la distribuzione della sismicità per l'area dell'estremo ponente ligure. Le aree di maggior attività risultano principalmente ubicate nella parte centrale del Mar Ligure, addensate in una o più fasce in corrispondenza della scarpata continentale. Nella parte a terra risulta evidente l'addensamento degli eventi secondo un allineamento NW-SE che si estende dalla costa sino al limite meridionale del massiccio dell'Argentera. Cattaneo *et alii,* (1999) mettono in evidenza una maggiore superficialità (mediamente H < 7 km) degli eventi in terra ed una maggiore profondità sino a 15-20 km in prossimità del margine continentale. In mare la sismicità recente appare concentrarsi al piede della scarpata; in particolare gli eventi maggiori si vanno a collocare in corrispondenza dei nodi dei due sistemi di faglie che la caratterizzano (Augliera *et alii*, 1996). Detti nodi sono determinati dall'intersezione tra un sistema di *step fault* e un sistema di faglie trasversali alla costa, già descritte, su cui si impostano i *canyon* attivi. Il profilo "Crop-Mare 10" evidenzia che il sistema di faglie, posto al piede della scarpata, interessa la totalità della crosta continentale superiore e parte di quella inferiore e viene a

PROGETTO CARG

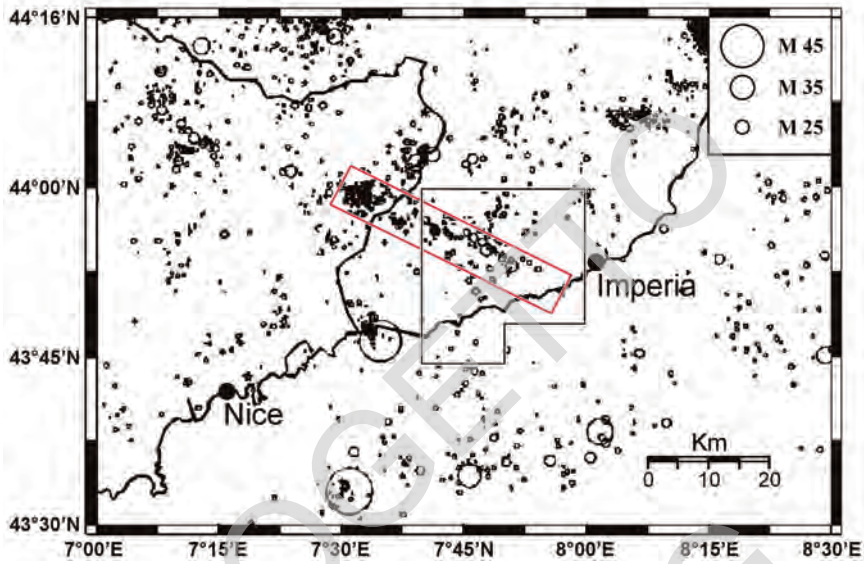


Fig. 46 - *Mappa della simicità strumentale per il periodo 1983-1999 da Eva et alii (1999, modificato). In rosso è evidenziato il settore interessato dalla fascia di trascorrenza Taggia-Saorge, in nero la perimetrazione del Foglio.*

PROGETTO CARG

rappresentare uno svincolo estremamente netto tra la parte continentale e quella oceanica del Mar Ligure (Eva *et alii,* 1999; Fanucci & Morelli, 2003; Finetti *et alii*, 2005). I meccanismi focali indicano piani nodali coerenti con l'andamento di entrambi i sistemi e una componente dominante di *stress* compressivo orientata prevalentemente NW-SE (Eva & Solarino, 1998). La coesistenza di soluzioni trascorrenti e di sovrascorrimento, portano ad ipotizzare che il margine è soggetto a movimenti di tipo transpressivo in profondità e al suo limite con il Bacino, mentre le strutture superficiali della scarpata sono considerate disgiuntive da tutti gli autori, così come la loro cinematica recente. Le faglie di piede di scarpata dislocano marcatamente, in senso diretto, tutta la sequenza plioquaternaria (Bigot-cormier, 2002; Larroque *et alii*, 2001).

Nella parte a terra, la presenza di un complesso fascio di faglie a trascorrenza destra, con orientazione NW-SE, (Giammarino *et alii,* 1978) viene ad intersecare verso N il lineamento Breil-Sospel-Monaco rappresentato da una sistema di faglie a prevalente trascorrenza sinistra che viene a costituire lo svincolo orientale dell'Arco di Nizza. La sismicità storica dell'area tende a concentrarsi nella parte meridionale della linea Taggia-Saorge in prossimità del Mar Ligure (Camassi & Stucchi, 1997). I valori d'intensità sono mediamente inferiori nella parte centrale

dell'allineamento Taggia-Saorge, rispetto a quelli della sua parte più meridionale. La sismicità strumentale (1985-1989) è rappresentata da scosse caratterizzate da bassa energia e da brevi sequenze, prevalentemente ubicate sia lungo i due sistemi Breil-Sospel-Monaco e Taggia-Saorge sia nella zona della loro intersezione. Gli studi condotti nell'ambito del Progetto CARG non hanno rilevato strutture che possano essere considerate prosecuzioni a mare di tale fascia sismogenica (almeno per quanto riguarda una sua attività nel Pleistocene superiore-Olocene). Attualmente non si riscontra, a mare dell'allineamento Taggia Saorge, attività macro e microsismica (fi g. 45).

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO CARG

VII - SFRUTTAMENTO ANTROPICO DELLE RISORSE GEOLOGICHE

1. - ATTIVITÀ ESTRATTIVE

Nell'area del Foglio affiorano principalmente rocce sedimentarie silicoclastiche e carbonatiche.

Le attività estrattive riguardano buona parte delle formazioni presenti nell'area del Foglio.

Per quanto riguarda lo sfruttamento delle cave di ardesia, è nota la loro evoluzione recente, contrassegnata da una fase d'intensissimo sviluppo, culminata negli anni '80 e '90, cui è seguita una fase di contenimento, anche per una più attenta cura degli interessi ambientali locali, attualmente si lamenta una fase di crisi produttiva. Nel 1987 (Brandolini, 1988) su una produzione di 600.000 tonnellate estratte a livello regionale ben 408.000 provenivano dalle 14 cave in attività sparse nei comuni di Triora e Molini di Triora, che poi, venivano lavorate negli stabilimenti della Val Fontanabuona. Le cave sono aperte nelle sequenze marnoso-argillitiche del "membro di Molini di Triora" (**FYV_1**) della formazione del "flysch di Ventimiglia". L'ardesia, o "lavagna", estratta in questa zona è considerata merceologicamente di qualità inferiore rispetto a quella della zona del levante genovese (Val Fontanabuona); tuttavia ha trovato ampia e remunerativa utilizzazione in diversi settori dell'edilizia e per tavoli da biliardo, ancorchè assai

meno negli impieghi più specifici e delicati delle classiche e pregevoli lastre per la copertura dei tetti (abbadini).

Un ulteriore tipo di "pietra da costruzione" di recente espansione è estratta da cave in superficie aperte in affi oramenti della "litofacies sottili strati calcarei" (**SBA_e**) della "formazione di San Bartolomeo".

Sono nel seguito segnalate le ulteriori cave dismesse e inattive di dimensioni significative.

1.1. - Rocce lapidee

Per quanto riguarda le rocce di tipo carbonatico, la Valle Argentina rappresenta la zona in cui si trovano la maggior parte delle cave attive.

Procedendo da N a S, a N di Molini di Triora in una cava sotterranea vengono estratti banchi marnoso argillitici (tipo ardesia-**FYV_1**). Più a S, nei pressi del paese di Aigovo, è presente un'esteso olistolite costituito da calcari e calcari marnosi (mc) utilizzato in una cava a cielo aperto per l'estrazione di grossi blocchi.

Fra Badalucco e Taggia la "litofacies **SBA_e**" (formazione di San Bartolomeo), presente al nucleo di una struttura antiforme, viene estratta in una cava a cielo aperto; a causa della modesta potenza degli strati calcarei questi vengono utilizzati esclusivamente come pietre ornamentali.

Fra Torre Paponi e Lingueglietta i banchi calcareo-marnosi presenti nella formazione del "flysch di San Remo" (membro **FSM_3**) vengono rimossi in blocchi di grandi e medie dimensioni.

Nella porzione sud-occidentale del Foglio, nelle località di Arziglia e Capo Nero, vengono utilizzati in cave a cielo aperto alcuni livelli particolarmente compatti della formazione delle "Arenarie di Bordighera" (**ABG**).

1.2. - Inerti

In tutte le cave precedentemente descritte, oltre alle rocce lapidee, vengono ricavati, per disgregazione meccanica, inerti utili per l'edilizia.

Per questo tipo di attività estrattiva vengono sfruttati anche i sedimenti pliocenici costituiti prevalentemente da conglomerati, sabbie e argille.

In sinistra orografica, alla foce del torrente Argentina, sul monte Rocche è presente una cava a cielo aperto in cui vengono estratti i "conglomerati di Monte Villa" (litofacies **CMV_b-CMV_d**).

Due dei più estesi affioramenti di "argille di Ortovero" (**ORV**) a sud di Terzorio e a nord di Bussana vecchia vengono moderatamente sfruttati in due cave a cielo aperto per la produzione di laterizi.

PROGETTO CARG

1.3. - Miniere

Per quanto i territori coperti dal Foglio San Remo siano abitati dall'uomo da lungo tempo, non risultano aver mai fornito risorse minerarie del sottosuolo di significativo interesse. Se si prescinde da segnalazioni d'interesse collezionistico o scientifico, le uniche tracce di attività minerarie vengono segnalate lungo il Rio Giunchi a NE di Terzorio dove il sito minerario, a quota 356 m, era composto da due gallerie con imboccature una sulla sponda sinistra, lunghezza 65 m, e l'altra su quella destra, lunghezza 40 m. Il livello metallifero produttivo, ascrivibile ad un *disseminate sulfide-ore,* è compreso in un banco di arenaria a grana fine della formazione del "flysch di San Remo" (**FSM_3**). Nell'area circostante la miniera, sono presenti anche livelli di brecce eterometriche costituite da elementi calcarei e calcareo-marnosi, a spigoli più o meno arrotondati, anch'essi mineralizzati a galena argentifera con quarzo anche a grossi cristalli. Il minerale oggetto di coltivazione era la galena, dato che il tenore in argento non era maggiore di qualche unità percentuale.

I lavori di estrazione nelle Miniere di Terzorio furono iniziati intorno al 1850 da una compagnia mineraria belga e si protrassero, con alterni risultati, fino al 1857. Il minerale estratto, trasferito a Nizza nella vicina Francia, veniva arrostito in particolari forni mediante una corrente d'aria a temperature intorno ai 600°, con formazione di ossido e di solfato di piombo. Lo zolfo volatizzava solo in parte sotto forma d'anidride solforosa per cui veniva aggiunto altro solfuro di piombo provocando la riduzione del piombo e l'ulteriore volatizzazione dello zolfo.

La sospensione dei lavori fu determinata dalla scarsità produttiva del giacimento e dalla notevole incidenza delle spese di trasporto, prima per via terra e quindi per via mare.

La genesi di questo giacimento va ricercata nel sistema di faglie trascorrenti ad andamento NW-SE, sub-parallelo all'allineamento Taggia-Saorge, presente in questo settore che ha determinato l'intensa brecciatura e la risalita idrotermale di mineralizzazioni lungo le superfici di discontinuità.

2. - ACQUE SORGIVE ED ACQUIFERI

Per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico, segnatamente ad uso umano, l'attuale rapporto tra domanda e offerta nell'area del Foglio è critico, con particolare riferimento per la fascia urbanizzata prossima alla costa densamente abitata e caratterizzata dagli altissimi consumi turistici estivi, tanto che l'area stessa viene largamente alimentata con acque emunte dal subalveo del F. Roya attraverso l'omonimo acquedotto le cui condotte di adduzione principali si sviluppano sul fondale marino per molti chilometri lungo la costa.

PROGETTO CARG

Peraltro, risultano sfruttati intensamente anche gli acquiferi alluvionali minori e interni all' area del Foglio, primo tra tutti quello del T. Argentina. Numerosi, infine, sono gli acquedotti, per lo più comunali o addirittura frazionali, alimentati da sorgenti montane; tra questi merita indubbiamente d'essere citato l'acquedotto che viene alimentato da un denso sistema di profonde gallerie drenanti aperte a mezza costa lungo il versante idrografico sinistro del T. Oxentina.

Un bacino artificiale, il lago Tenarda, alla testata della Val Nervia, sfrutta le capacità di invasamento di un area di alta quota ad elevata piovosità e contribuisce all'approvigionamento idropotabile di San Remo.

Potenzialità significative di acque sotterranee, peraltro, si giustificano ampiamente, sia con il regime pluviometrico della porzione montana del Foglio dove, oltre a medie annuali ben più consistenti di quelle davvero contenute tipiche della costa, si registrano coperture nevose invernali di consueta notevole persistenza, sia con la presenza, soprattutto in Valle Argentina e nel settore nord-occidentale, di formazioni ad elevata permeabilità.

Le strutture tettoniche rigide risultano assai influenti sulla circolazione idrica sotterranea; non pochi pozzi di portata significativa, anche in aree prossime al mare, sono stati perforati a ridosso di faglie che hanno creato bacini idrogeologici sotterranei per sbarramento.

Un'ulteriore risorsa è quella idrotermale della zona di Pigna, dove sono già presenti importanti strutture del turismo termo-curativo. L'acqua minerale qui presente è classificabile come acqua minerale sulfurea con presenza di ioni sodio, cloro, solfato. L'analisi chimica e chimico-fisica (eseguita dal Dipartimento di Chimica Generale dell'università degli Studi di Pavia) rileva una temperatura dell'acqua alla sorgente di 30,8°, un pH di 7,50, un residuo fisso a 180° di 1348 mg/l composto in prevalenza da: solfato 236 mg/l, cloruro 342 mg/l, sodio 432 mg/l. Questa emergenza termale è chiaramente legata alla fascia di trascorrenza Taggia-Saorge.

Altre minori manifestazioni si hanno circa a 1 km ad W di San Remo nei pressi del torrente Foce. Si tratta di acque sulfuree che sgorgano a temperatura di 19 °C. Altre manifestazioni di acque sulfuree si hanno presso Borgomaro sul versante sinistro del torrente Impero e presentano temperature stagionalmente variabili tra i 17,5 e i 20 °C. A queste manifestazioni va assimilata una sorgente sottomarina, subito a sud di Aregai.

PROGETTO CARG

PROGETTO SARG

VIII - DISSESTO IDROGEOLOGICO

Per quanto attiene alle problematiche geologico-tecniche, sia geotecniche in senso stretto, sia di meccanica delle rocce, sia di geomorofologia applicata, un quadro estremamente sintetico, tuttavia assai significativo, può così essere rappresentato: le problematiche decisamente più diffuse e comuni riguardano le attività sui versanti ove è possibile individuare tre scenari largamente prevalenti: a) problemi connessi ad interventi su versanti modellati sulle formazioni flyschoidi, con qualsiasi assetto giaciturale delle formazioni, in cui gli intervalli pelitici predominano sugli strati competenti o questi ultimi hanno potenze da molto ridotte a ridotte; b) problemi connessi ad interventi su versanti modellati su formazioni flyschoidi in cui la successione degli strati competenti è fitta e predominante rispetto agli interstrati pelitici, in relazione ad una giacitura a franapoggio più o meno franco quale giacitura dominante o puntuale della formazione; c) interventi su crinali terrazzati e terrazzi di versante. A parte, infine, meritano una citazione i problemi connessi con interventi su versanti, crinali e terrazzi modellati sulle varie litologie del ciclo pliocenico.

Tutta l'edilizia sanremese, largamente espansa sulle colline, può essere assunta ad esempio dei problemi geologico-tecnici che si incontrano sui versanti. Problemi che attengono sia alla stabilità dei fronti di sbancamento, necessari per predisporre le superfici piane sulle quali fondare edifici e strutture, sia ai sempre possibili cedimenti differenziali a livello fondazionale correlati alle eccezionali variazioni di comportamento geomeccanico e geotecnico dei diversi litotipi e

delle bande alterate, nonchè dalla presenza di piccole forme di circolazione idrica sotterranea.

Versanti modellati su formazioni ricche di litotipi competenti in assetto di franapoggio sono stati intaccati sia dal modellamento naturale sia da interventi antropici. Del primo caso sono testimonianza le numerose frane relitte o quiescenti connesse con fenomeni di scivolamento strato su strato; del secondo, oltre a numerosi fronti di cave in esercizio o abbandonate, sono testimonianze ad alto impatto ambientale i lunghi tratti dell'Autostrada dei Fiori, con particolare estensione nella tratta di Ospedaletti.

Insediamenti su crinali terrazzati sono in gran parte retaggio storico urbanistico e paesaggistico prezioso, comune non solo, com'è noto, all' area del Foglio San Remo. Alcuni di questi centri storici sono aggrediti da fenomeni di franosità tipici, tutto sommato, di evoluzione naturale dei versanti (Montalto Ligure, San Biagio della Cima, ecc…); altri da cedimenti e da corpi di frana, assai più pericolosi, connessi con i corollari geomorfologici e idrogeologici che costellano i lineamenti già citati come sismicamente attivi (Ceriana, Bussana); altri infine, dalla riattivazione di mega-corpi di frana (San Romolo).

Per quanto riguarda, infine, le colline strutturate sui litotipi del ciclo pliocenico appare interessante sottolineare i seguenti aspetti: la loro precarietà e problematicità geologico-tecnica appare percepita da tempo; la loro posizione dominante, spesso ottimamente esposta climaticamente e paesaggisticamente, le ha poste indubbiamente da sempre al centro dell'interesse residenziale. Nuclei come Bussana Vecchia o Castellaro, ma anche parti importanti del centro storico di San Remo, sono sviluppati su sedimenti pliocenici. L'espansione più antica, tuttavia, aveva scartato i versanti, spesso modellati in sabbie e in argille (queste ultime, viceversa, utilizzate per estrarre materia prima per laterizi, come testimoniano numerosi fronti di cava abbandonata), per concentrarsi sui culmini e sui crinali, larghi e terrazzati, modellati su conglomerati, talvolta ben cementati. Questi siti sono da sempre soggetti a forme di retrogradazione dei margini, per fenomeni costanti di detrizione, a puntuali episodi di crollo di singoli cogoli e di masserelle e più rari fenomeni franosi di scivolamento rotazionale, connessi con le palesi diversità di comportamento geomeccanico dei livelli conglomeratici posti a copertura e di quelli argilloso-marnosi e sabbioso-ghiaiosi sottostanti. Più recenti esigenze di espansione urbanistica, soprattutto per San Remo, e di espansione produttiva per l'area della Valle Armea, hanno indotto a pesanti invasioni anche delle pendici prima risparmiate, spesso interessate da forme di erosione calanchiva.

Per quanto concerne le aree esondabili, queste sono prevalentemente se non esclusivamente presenti nel tratto terminale del torrente Argentina. Nelle figure 47 e 48 sono riportate, tratte dalla Carta delle Fasce Fluviali (Ambito n.4 Argentina) dell'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale della Provincia di Imperia (D.C.P. n.18 2003, D.G.P. n.335 2004) le aree esondabili con periodi di ritorno T di 50, 200, 500 anni nonchè le aree storicamente inondate.

PROGETTO SAFRG

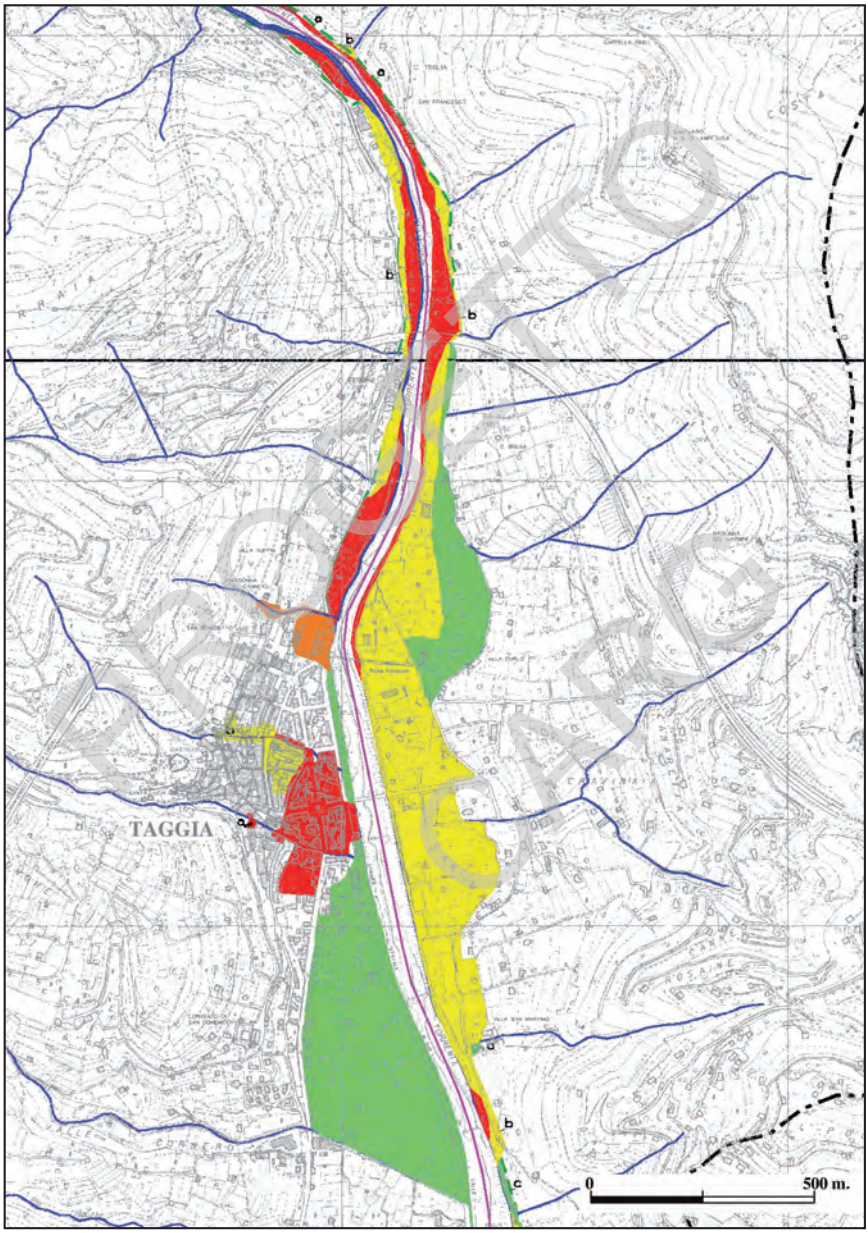
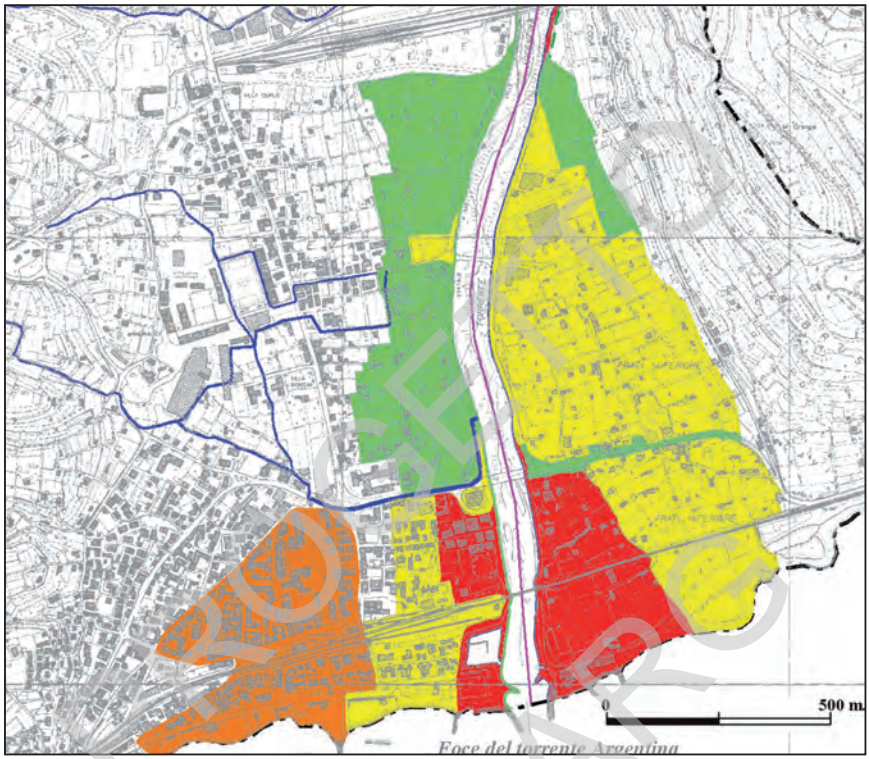


Fig. 47 - *Stralcio della Carta delle Fasce Fluviali (Ambito n.4 Argentina) dell'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale della Provincia di Imperia (D.C.P. n.18 2003, D.G.P. n.335 2004) nei pressi di Taggia (vedi legenda in fig.49).*



LEGENDA

FASCIA A

aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni

FASCIA B

aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni

FASCIA C

aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=500 anni

FASCIA A*

aree storicamente inondate

fascia di riassetto fluviale

alveo naturale

tratti indagati

LIMITE DELL'AMBITO DI BACINO

Fig. 48 - *Stralcio della Carta delle Fasce Fluviali (Ambito n.4 Argentina) dell'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale della Provincia di Imperia (D.C.P. n.18 2003, D.G.P. n.335 2004) nei pressi di Arma di Taggia.*

PROGETTO CARG

PROGETTO CARG

ABSTRACT

In the geological Sheet 258-271 two different geological situations-which both confirm the last stages of the European Alpine vergent orogeny-are opposed. Going from W to E, sectors of foreland and foredeep follow each other and then are followed by the front of the Alpine nappes. The peculiarity of this southern segment of the Maritime Alps relies on the fact that the nappe front is made up of the structurally highest units of the Alpine building. These units are originally located in very inner sectors and are specifically flysch, belonging to the oceanic area Piemontese-Ligure; this area is found between the European plate (Iberian-Sardinian-Corsican micro plate) and the African area (Adriatic micro plate). These units seem to be translated and therefore thrust towards outer domains, namely Piemontese and Brianzonese. The area described in the Sheet shows units belonging to at least two palaeogeographic domains which can be traced back to sedimentary basins containing an oceanic and continental substratum. These elements appear to be both autochthonous and shifted by tectonics between the European foredeep and the front of the nappe. In order of overlap, from top to bottom the tectonic units are: tectonic unit San Remo-Monte Saccarello and tectonic unit Baiardo-Triora. The first unit originates from the Piemontese-Ligure Domain whereas the second shows characteristics tracing back to the Alpine foredeep which developed on the Delfinese-Provenzale Domain. The main stages of the Alpine orogeny took place in the area of Ligurian Alps roughly between

90 and 40 million of years ago through the approach and the following collision of the two palaeocontinents.

The tectonic unit San Remo-Monte Saccarello deposited inside an oceanic area near the European margin. Following the closure of the Piedmontese-Ligurian ocean, it translated to the present position, namely over the Dauphinée-Provençal Domain. This unit shows the most complicated tectonic setting and it is composed by the "formazione di San Bartolomeo", Upper Albian - Upper Campanian in age; it features sediments of basin plain, scarcely supplied by turbidity currents of terrigenous type. This formation is followed, in direct stratigraphical sequence, by shales topped by turbidites, which can be arenaceous "Arenarie di Bordighera" Upper Campanian-Middle-Maastrichtian in age, or calcareous "flysch di S. Remo" Upper Campanian-Upper Maastrichtian in age. In these units the oldest deformations are of synsedimentary type: submarine slumps and debris flows, folds and kink structures.

Calcite and quartz veins, resulting from the detachment of beds due to subparallel stress, are to be ascribed to some first tectonic stage. These veins always appear refolded by following deformation stages.

The first ductile stage, D1, solely recorded by the "formazione di S. Bartolomeo", shows axis included between 80° and 120° and axial planes submerging in opposite directions, whereas the second stage, D2, showing in all the stratigraphic units of the nappe, features folds of about a thousand metres with axis towards WNW-ESE and axial planes submerging toward NE.

In the formation of the "flysch di S. Remo" and in the "formazione di S. Bartolomeo", semifragile shear zones were also found; they are roughly subvertical and oriented toward various directions, gathered in a couple of families of planes which intersect each other keeping a constant reciprocal angle of about 20°.

The tectonic unit Baiardo-Triora, made up of a single formation, "flysch di Baiardo" of Early Priabonian age, interposes between the foreland and the nappe front; it features olistoliths coming both from the nappe itself and from the substratum. It also shows a thrust tectonics and strike slipping faults.

On a large scale it can be remarked that the middle-northern part of the nappe front features structures of folding type E-W and ESE-WNW oriented. These orientations depend on the two deformation stages described above and they can therefore be ascribed to the emplacement of the Alpine nappes. The traverse folding structures, showing NE-SW axis, axial planes submerging toward SE and vergence towards NW, are to be ascribed to the late stages (D3). These are related to the uplift of the Argentera-Mercantour massif, which causes, W of the concerned area, overthrusts of the sedimentary cover toward S. On the Sheet these events bring to a remobilization of the nappes' front of the Baiardo-Triora unit causing a further detachment and translation also of this unit. These events cause adjustments resulting in strike slipping structures which throw the overthrust front. The right strike slip zones, NW-SE

PROGETTO CARG

oriented, which are mainly found on the middle-western part of the Sheet, along the Taggia-Saorge lineament, are to be ascribed to the aforesaid adjustments.

The parts close to the overthrust front, showing Eocene, Lutetian-Priabonian, of age grounds, recorded deformations mainly of fragile type.

Among the outcropping Pliocene sediments on the Sheet of San Remo, the most interesting are ascribable to the "fan delta" of the lower Valle Argentina. The remaining scarce and limited Pliocene outcrops appear to be trapped in small grabens. These structures refer to the tectonics events interfering with all the structures described above. Last ones caused differential motions between relatively stable sectors, lowering and uplifting sectors. This developed a fragile tectonics with huge structures, namely grabens, where sediments of lower Pliocene are trapped, and horsts, in which is visible a rapid dismantling.

The area described by the Sheet was acknowledged as highly seismic since a long time. The main historical earthquake of this area occurred on the 23nd February 1887. The most struck places were Bussana, Castellaro, Ceriana and Baiardo.

The most active areas are mainly located along the Mar Ligure (Ligurian Sea). Events gather in the on-shore part along a NW-SE lineament spreading from the coast to the southern boundary of the Argentera massif; the on-shore events are more superficial compared to those which are close to the continental margin.

The marine area of the Sheets 258-271 is represented by the proximal sector of a continental margin of passive type showing peculiar features. It is small and steep and it shows the structural transition, relatively abrupt, between the Ligurian Alps and the oceanic crust of the Ligurian-Provençal Basin. It develops following the orientation of structures active at the time of the opening of the Western Mediterranean which followed the rototranslation of the Corsican-Sardinian Microplate.

On the Sheets only the continental shelf and the upper slope are represented; their morphology reflects the peculiarities of this margin and its complicated morphostructural development.

The narrow shelf originates from erosions in its inner part and from external building where a mighty prism made of Plio-Pleistocene sediment lays on the first steps of the step-faults which lower the Pre-Pliocene substratum. The shelf edge is clearly outlined and shows, at times, the so-called "structure of frontal accumulation", a small sedimentary body of late Pleistocene. On several spots the edge position is determined by gravity mobilization of sediments, which are a widespread characteristic of the slope. The shelf substantially narrows where the Canyons' tops of Taggia and Bordighera are located; these are concerned by active regressive erosion. In the second case (*Canyon* del Roja) a top branch directly concerns the subcoastal area. The present morphology of the shelf depends on the glacioeustacy of late Pleistocene and on the deposition of the sedimentary postglacial bodies, shaped both as fan and as coastal bars. The Holocene and present cover of high-stand system tract of sea

PROGETTO CARG

level is not, on average, very powerful and it shows discontinuities depending, at least partially, on the present tectonics.

The slope shows the front of the sedimentary Plio-Pleistocene accumulation forming the external part of the shelf. It is often unstable because of geometrical relations with the structures it covers and because of their activity; moreover because of the seismicity widely concerning the whole area. Canyons lay on extensional (or transtensive) structures perpendicular to the coast, which already existed during the Messinian age. These structures underwent fill during Pleistocene, then reactivated in the late Pleistocene-Holocene (recent Quaternary) with consequent rejuvenation of tops regressive erosion.

Regarding the tectonic setting, the margin concerned can be divided into three zones:

- the western area, between the two canyons, basically form a single, highly complex, depression whose main structures are formed by faults NW-SE oriented, variously combining to the slope step faults;
- the "submerged promontory" of San Lorenzo al Mare, on which the substratum crops up, follows lines E-W and N-S oriented;
- eastward of the relief, structures NNE-SSW oriented prevail; in this area the faults parallel to the coast show antithetical dip direction compared to the slope dip and, at times, show a transtensive nature.

The current oppure existing outstanding activity of the majority of the structures described above is confirmed by the widespread and frequent seismic activity of the whole area.

The texture of present sediments is comparable to arenite only in a narrow subcoastal belt and in residual bodies dating back to the first stages of the postglacial transgression; they are located in the outer parts of the shelf.

The submerged coastal area is continuously covered by prairies of Phanerogam.

PROGETTO CARG

BIBLIOGRAFIA

Abbate E. & Sagri M. (1982) - *Le unità torbiditiche cretacee dell'Appennino Settentrionale ed i margini continentali della Tetide*. Mem. Soc. Geol. It., **31**: 23 - 44.

Adams C.G., Benson R.H., Ryan W.B.H., Kidd R.B. & Wright R.C. (1977). - *The Messinian Salinity crisis and evidence of Late Miocene eustatic changes in the world ocean*. Nature, **269**, 5627: 383 - 386.

Alinat J., Cousteau J.Y., Giermann G., Leenhardt O., Perrien Th. & Pierrot S. (1969). - *Lever de la carte bathymetrique de la mer Ligure*. Bull.Inst. Oceanagr.Monaco, **69**, 1395: pp. 12.

Alinat J., Giermann G. & Leenhardt O. (1966). - *Reconnaissance sismique des accidents de terrain en mer Ligure*. C.R.Acad.Sc.Paris, D, **262**: 1311-1314.

Alvarez W. (1972). - *Rotation of the Corsica-Sardinia Microplate*. Nature Phys.Sci., **235**: 103 - 105.

Angrisano E.& Segre G.(1969) - *Carta batimetrica del Mediterraneo Occidentale. MAP1501 F.C. 1030/2*: Ist.Idrografico della Marina, Genova.

Atlante Delle Spiagge Italiane**.** (1997) - Fogli SAN REMO e IMPERIA C.N.R., ROMA.

Augliera P., Spallarossa D. & Stucchi M. (1996) - *Confronto tra algoritmi di declustering: applicazione ai cataloghi NT e PFG.* Workshop "Verso la definizione delle caratteristiche dei terremoti attesi".10 - 11 Ottobre 1996, Milano.

Auzende J.M., Bonnin J. & Olivet J.L. (1973). - *The origin of the western Mediterranean basin*. J.Geol.Soc.London, **129**: 607 - 620.

Auzende J.M., Bonnin J., Olivet J.L., Pautot G. & Mauffret A. (1971) - *Upper Miocene Salt Layer in the Western Mediterranean Basin.* Nature Phys.Sci., **230**: 82 - 85.

Barbier R. (1960) - *Remarques sur le schéma structural des Alpes Maritimes franco-italiennes de M. Lanteaaume*. C.R. somm. Soc. Géol. Fr., **3**: 66-67.

Bellaiche G. (1972). - *Prelevement par 2000 m de profondeur d'un reflecteur acoustique d'age pliocene inferieur a facies peu profond (canyon des Stocheades, Méditerranée nord - occidentale). Nouvelles donnees sur le creusement des canyons sous-marins et l'amplitude des monvements verticaux ponto - plio - quaternaires*. C.R.Acad.Sc.Paris, D, **275**: 321 - 324.

Bellardi R. (1852) - *Catalogue raisonné des fossiles nummulitiques du Comté de Nice, avec la collaboration de E. Sismonda pour les Échinodermes, de d'Archiac pour les Foraminiféres et de Haime pour les Polypiers.* Mem. Soc. Géol. Fr., (2e sér.), t **III**: 638 - 656.

Berggren W. A. & Miller K. G. (1988) - *Paleogene tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetobiochronology.* Micropal., **34**: 362 - 380, New York.

Bertrand L. (1898) - *Étude géologique du nord des Alpes Maritimes.* Bull. Serv. Carte géol. Fr., t. **IX**, n° 56.

Bertrand L. (1902) - *Sur les grandes lignes de la géologie de la partie alpine des Alpes Maritimes.* Bull. Soc. Géol. Fr., (4e sér.), t. **III**: 638 - 656.

Bertrand L. (1908) - *Sur l'extension originelle probable des nappes de charriage alpines dans les Alpes Maritimes*. Bull. Soc. Géol. Fr., (4e sér.): 136 - 143.

Bianchi C., Peirano A. (1995) - *Atlante delle fanerogame marine della Liguria.* ENEA, CRAA, La Spezia.

Bigot - Cormier F. (2002) - *La surrection du massif cristallin externe de l'Argentera (France-Italie) et ses rélations avec la déformation pliocène de la marge nord - ligure.* Thèse de l'Université de Nice - Sophia Antipolis.

Bigot - Cormier F., Sage F., Sosson M., Deverchere J., Ferrandini M., Guennoc P. & L'Équipe Cylice (2004) - *Déformations pliocènes de la marge nord - ligure: les consequenxes d'un chevauchement crustal sud - alpin.* Bull. Soc. Géol. Fr., **175**, 2: 197-211.

PROGETTO CARG

Blow W. H. (1969) - *Late Middle eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy.* Proc. First Int. Conf. Planktonic microfossils., (1967): 199 - 422, Geneva.

Blow W. H. (1979) - *The Cainozoic Globigerinida.* pp. 1413, E. J. Brill, Leiden.

Boni A. & Peloso G. F. (1973) - *I lembi pliocenici della Liguria Occidentale da Terzorio al confine italo francese.* Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, **23**: 170 - 201.

Boni A. & Vanossi M. (1960) - *Ricerche e considerazioni sul Flysch della Liguria occidentale.* Atti Istituto Geol. Univ. Pavia, vol. **XI**.

Boni A., Boni P., Peloso G. F., & Gervasoni S. (1980) - *Dati sulla neotettonica di parte dei Fogli S. Remo (102), Imperia (103), e Albenga - Savona (92 - 93).* C.N.R., P.F. Geodinamica, pubbl., **356**: 1245 - 1282.

Boni A., Cerro A., Giannotti R. & Vanossi M. (1971) - *Note illustrative carta geologica d'Italia. Foglio 92 - 93. Albenga - Savona.* Serv. Geol. D'It.: pp. 143, Roma.

Boni A., Boni P., Peloso G. F. & Vercesi P. L. (1978) - *Dati preliminari sulla neotettonica di parte dei FF. 102 (San Remo) e 103 (Imperia).* Contr. Prelim alla Realizz. Della Carta Neotett. D'It., pubb. n° 155 del P.F. Geodinamica del C.N.R.: 361 - 380, Napoli.

Boni P., Mosna S. & Vanossi M. (1967). - *La "Pietra di Finale" (Liguria occidentale).* Atti Ist.Geol. Univ.Pavia, **XVIII**: 102 - 150.

Bourcart J. (1948). - *Sur la géologie sous - marine du "rech" Lacaze - Duthiers canyon sous - marin du Roussillon.* C.R.Acead.Sc.Paris, D, **226**: 1827-1829.

Bourcart J. (1958b). - *Carte du Precontinent sous - marin entre Antibes et Genes.* Mus.Oceanagr. Monaco, n 1.

Bourcart J. (1960). - *Carte topographique au fond de la Mediterranee occidentale.* Bull.Inst. Oceanogr.Monaco, **1163**: 3 - 20.

Bourcart J. (1963). - *La Méditerranée et la revolution du Pliocene. In : Livre à la mémoire du Professeur P.Fallot.* Mem.h. - s., Soc.géol.France, I: 105 - 116.

Boussac J. (1910) - *Le nummulitique de la zone du Flysch à l'est et au sud - est du Mercantour.* C. R. Ac. Sc., t. **CL**: 57 - 59.

Boussac J. (1911) - *Études paléontologique sur le Nummulitique alpin.* Mém. Serv. Carte géol. Fr.: pp. 437, 22 pl., Paris.

Boussac J. (1912) - *Études stratigraphiques sur le Nummulitique alpin.* Mém. Serv. Carte géol.. Fr.: pp. 662, 20 pl.

Brandolini P. (1988) - *L'utilizzazione dell'ardesia in Liguria.* - In Studi e Ricerche di Geografia, XI; fasc. unico.

Buckland W.(1828) - *Appendix to De La Béche's paper on the geology of Nice.* Proc. Geol. Soc. London, t. **I**: pp. 94.

Buckland W. (1829) - *Observations on the secundary formations between Nice and the col di Tendi.* Trans. Geol. Soc. London, t. **III**: pp. 187.

Burrus J. (1989) - *Review of geodynamic models for extensional basin. The paradox of stretching in the Gulf of Lion (Northwesren Mediterranean)* Bull. Soc.Géol. France, (**8**), 2: 377 - 393.

Camassi R. & Stucchi M. (1997) - *NT 4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno.* Web page: http:// emidius.Itim.mi.cnr.it//NT/home.html.

Campredon R. (1977) - *Les formarions paléogènes des Alpes maritimes Franco - italiennes.* Mem. h. s. Soc. Géol. Fr., **9**: pp. 199, 4 pl., 1 carte h. - t.

Catanzariti R., Rio D.& Martelli L. (1997) - *Late Eocene to Oligocene calcareous nannofossil boistratigraphy in northern Apennines: the Ranzano Sandstone.* Mem. Sci. Geologiche Padova, **49**: 207 - 253.

Cattaneo M., Augliera P., Parolai S. & Spallarossa D. (1999) - *Anomalously deep earthquakes in Northwestern Italy.* Journal of Seismology, **3** (4): 421 - 435.

PROGETTO CARG

Chaumillon E., Deverchere J., Réhault J.P. & Gueguen E. (1994) - *Réactívatíon tectoníque et flexure de la marge continentale Ligure (Méditérranée).* C. R. Acad. Sci., Paris.

Cita M.B. (1973). - *Mediterranean evaporite : paleontological arguments for a deep - basin dessication model. In: Messinian Events in the Mediterranean.* Drooger C.W. ed.North - Holland, Amsterdam: 206 - 228.

Cita M.B. (1974). - *Stratigraphie du Néogène dans les fonds marins de la Méditerranée. In: Vè Congr.Neogène Méditerr.*, Lyon. Mem.B.R.G.M., **78**: 387 - 397.

Cita M.B. (1975). - *The Miocene - Pliocene boundary: history and definition. In: "Saito T. & Burckle L. D.".*Late Neogene Epoch boundaries, Micropaleontology Press, Special Publication, **1**: 1 - 130.

Cita M.B. (1979). - *Lacustrine and hypersaline deposits in the dessicated Mediterranean and their bearing on paleoenvironment and paleoecology In : Deep drilling results in the Atlantic Ocean; continental margins and paleoenvironment* (Talwani M. ed. et al.) Maurice Ewing series, Proceedings of the Symposium. Amer.Geophys.Union, Washington D.C., **3**: 402 - 419.

Cita M. B., Rio D., Hilgen F., Castratori D., Lourens L.& Vergerio P. P. (1996) - *Proposal of the global boundary stratotype section and point (GSSP) of the Piacenzian stage (Middle Pliocene)*; International Union of Geol. Sci., ICS - SNS report: pp. 26.

Clauzon G. (1973). - *The eustatic hypothesis and the pre - Pliocene cutting of the Rhone Valley. In: Initial Report of the DSDP*, 13. U.S.Govt. Printing Office, Washington D.C.: 1251 - 1256.

Cobianchi M., Di Giulio. A., Galbiati B. & Mosna S. (1991) - *Il "complesso di base" del Flysch di San Remo nell'area di San Bartolomeo, Liguria occidentale (nota preliminare).* Atti Tic. Sc. Terra, **34**: 145 - 154.

Corradi N., Fanucci F., Fierro G., Firpo M., Piccazzo M. & Mirabile L. (1984) - *La piattaforma continentale ligure: caratteri, struttura ed evoluzione*. Progetto Finalizzato "Oceanografia e Fondi Marini" del C.N.R.: 1 - 34, Roma.

Corradi N., Fanucci F., Fierro G., Firpo M., Piccazzo M., Ramella A. & Tucci S. (1984) - *Importance des canyons sous-marins dans la dynamique sédimentaire de la Mer Ligure*. Quad. Ist. Geol. Univ. Genova, **8**, 3: 73-104.

Corradi n., Fanucci F., Gallo G. & Piccazzo M. (1980) - *La sedimentazione olocenica della piattaforma continentale ligure (da Portofino a Capo Mortola)*. Ist. Idr. M.M., F.C. 1097, Genova

Cruise G.M. (1990) - *Holocene peat initiation in the Ligurian Apennines, northern Italy.* - Review of Paleobotany and Palynology, **63**: 173 - 182.

Cruise G.M., Macphail R.I.; Maggi R., Engelmark R., Linderholò J., Haggart B. A. & Moreno D., (1998) - *New Approaches to old problems: Neolithic to medieval land-use at "Lago" di Bargone, eastern Liguria, Italy.* Atti del XIII Congresso Internazionale dell'Unione delle Scienze Preistoriche e Protostoriche, **1**: 403 - 413. Genova.

De la beche H. T.(1829) - *On the geology of the environs of Nice and the coast thence to Ventimiglia.* Trans. Geol. Soc. London, t. **II** (**III**): pp. 171.

Delfrati L., Falorni P., Groppelli G. & Pampaloni R. (2000) - *CartaGeologica d'Italia1:50.000, Catalogo delle Formazioni, Fascicolo I - Unità Validate*. Quaderni Servizio Geologico, ser. 3, **7**: 1-228, Roma.

Di Giulio A. & Galbiati B. (1985) - *Quarzoareniti nel complesso di base del Flysch di S. Remo (Alpi Marittime).* Rend. Soc. Geol. It., **8**: 65 - 68.

Di Giulio A. & Galbiati B. (1991) - *Le facies caotiche dei flysch della Liguria Occidentale: un nuovo modello interpretativo.* Atti Tic. Sc. Terra, **34**: 155 - 160.

Di Giulio A. (1987) - *Evoluzione strutturale delle unità di Moglio - Testico e di S. Remo - M. Saccarello (Piemontese - Ligure delle Alpi Marittime): nuovi dati*. Atti Tic. Sc. Terra, **31**: 54 - 62.

Di Giulio A.(1996) - *Eo - Alpine goedynamics: an integrated approach.* Boll. Soc. Geol. It., **115**: 649 - 671.

Dufrenoy A. & Élie du Beaumont (1840) - *Carte géologique de la France au 1/500000.* Serv. Carte géol. Fr.

PROGETTO CARG

Estocade (Groupe) (1977) - *Etude par submersible des canyons des Stoechades et de Saint - Tropez.* C.R.Acad.Sc.Paris, D, **284**: 1631 - 1634.

Estocade (Groupe) (1978) - *Messinian subaerial erosion of the Stoechadesand Saint - Tropez canyons a submersible study*. Marine Geology, **27**: 3 - 4.

Eva C., Augliera P., Cattaneo M., Pastore S.& Tommaselli A., (1992) - *Sismotettonica dell'Italia Nord - Occidentale.* Atti del convegno GNDT, Pisa 25 - 27 Giugno 1990, **1**, Zonazione e riclassificazione sismica: 35 - 31.

Eva C., Augliera P., Eva E., Solarino S & Spallarossa D. (1999) - *Sintesi delle conoscenze sulla sismotettonica della Liguria occidentale ed influenza sui parametri di hazard.* F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (A cura di). Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996 - 1999). CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti -, 2000: pp. 297, Roma.

Eva C. & Solarino S. (1998) - *Variations of stress directions in the western Alpine arc*. Geophys. J. Int., **135**: 438 - 448.

Fallot P. (1949) - *Les chevauchements intercutanés de Roya (Alpes Maritimes).* Ann. Hébert et Haugh, t **VII** (Livre Jubilaire Charles Jacob): 161 - 169.

Fallot P. & Faure Muret A. (1949$_a$) - *Sur un mode particulier de charriage.* C. R. Ac. Sc., t. **CCXXVIII**: 789 - 792.

Fallot P. & Faure Muret A. (1949$_b$) - *Sur l'extension du décollement de la série de couverture subalpine.* C. R. Ac. Sc. t. **CCXXVIII**: 616 - 619.

Fallot P. & Faure Muret A. (1954) - *La formation à Microcodium au pourtour de l'Argentera - Mercantour.* Bull. Soc. Géol. Fr., (6e sér.), t. **IV**: 111 - 138.

Fanucci F. (1986) - *Evolution stratigraphique de la région du Golfe de Genes dépuis l'Eocène supérieur*. Mem. Soc. Geol. It., **36**:19 - 30.

Fanucci F., Eva C., Cattaneo M., Firpo M. & Piccazzo M. (1989) - *Tettonica e morfogenesi olocenica in Mar Ligure*. Mem. Soc. Geol. It., **42**: 221 - 227.

Fanucci F. & Morelli D. (1994) - *Principali limeamenti strutturali ed evoluzione del Mar Ligure (Mediterraneo Occidentale).* Atti XI Congresso A.I.O.L.:793 - 806.

Fanucci F. & Morelli D. (2003) - *The CROP profiles across the Western Mediterranean Basins.* APAT, Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **LXII**: 166-170.

Fanucci F. & Nicolich R. (1984) - *Il Mar Ligure: nuove acquisizioni sulla natura, genesi ed evoluzione di un "Bacino marginale"*. Mem. Soc. Geol. It., **27**: 97-110.

Faure Muret A. (1955) - *Études géologiques sur le massif de l'Argentera - Mercantour et ses enveloppes sédimentaires.* Mém. Serv. Carte gèol. Fr.: pp.336, 60 ff.

Faure Muret A. & Fallot P. (1955) - *Sur le Secondaire et le Tartiaire aux abords sud - orientaux du massif de l'Argentera - mercantour (feuilles de Saint - Mertin - Vésubie, Tende et Viéve au 1/50000).* Bull. Serv. Carte géol. Fr., t. **LII**, n° 241 (C.R. Collab., 1953): 283 - 319.

Faure Muret A., Fallot P. & Lanteaume M. (1957) - *Sur les conglomérats lutétiens de la région de Tende et de la Brigue (Haute Roya).* C. R. Ac. Sc., t. **CCXLIV**: 1977 - 1982.

Fierro G., Gennesseaux M. & Rehault J.P. (1973) - *Caracteres structuraux et sedimentaires du plateau continental de Nice a Genes (Mediterranée nord - occidentale)*. Bull.B.R.G.M., *(2)*, IV, **4**: 193 - 208, 16 fig.

Finetti I.R., Boccaletti M., Bonini M., Del Ben A., Pipan M., Prizzon A., Sani F. (2005) - *Lithospheric setting of the Ligurian Sea - Northern Appennines - Adriatic Foreland from integrated CROP seismic data. In "CROP Project: deep seismic exploration of the central Mediterranean and Italy"*. Finetti I.R. Editor, Elsevier: 119-158.

Focault A. & Powichrowsky L. (1984) - *Définition de l'unité d'Imperia (Flysch à Helmintoides, Alpes ligures, Italie).* C. R. Acad. Sc. Paris, **299**: 657 - 660.

PROGETTO CARG

Franchi S. (1894) - *Contribuzione allo studio del Titonico e del Cretaceo nelle Alpi marittime, eseguito nelle campagne 1891, 1892, 1893.* Boll. R. Com. Geol. Italia, t. **XXV**: 31 - 83.

Franchi S. (1905) - *A proposito della riunione in Torino della Società Geologica di Francia.* Boll. R. Comm. Geol. Italia, t. **XXXVI**: pp. 308.

Franchi S. (1907) - *Osservazioni sopra alcuni recenti lavori sulla geologia delle Alpi Marittime.* Boll. R. Com. Geol. Italia, t. **XXXVIII**: 145 - 170.

Franchi S. (1915_a) - *La posizione della zona ad Helmintoidea labyrintica nell'Eocene ligure e l'età dei supposti "Grés d'Annot".* Boll. Soc. Geol. Italiana, t. **XXXIV**: pp. 297.

Franchi S. (1915_b) - *Osservazioni sulla geologia della Liguria.* Boll. Soc. Geol. Italiana, t. **XXXIV**: pp. 301.

Franchi S. (1916) - *Le "Arenarie di Annot" e la "zona ad Helmintoidea" nell'Eocene delle Alpi Marittime e delle Appennini genovese.* Boll. R. Com. Geol Italia, t. **XLV**: 233 - 333.

Franchi S. (1926) - *Carta geologica del Regno al 1:100000 - foglio 102, San Remo.* R. Uff. Geologico. Foglio 102 della Carta al 100000 dell'Ist. Geog. Militare.

Galbiati B. & Cobianchi M. (1997) - *L'indipendenza tettonica dell'unità di San Remo rispetto all'unità di Moglio - Testico.* Boll. Soc. Geol., It., **116**: 453 - 472.

Galbiati B. & Roda E. (1989) - *Caratteri strutturali dell'unità di Moglio - Testico tra Alassio e Laigueglia (Liguria Occidentale).* Boll. Soc. Geol. It., **108** (3): 491 - 502.

Gennesseaux M., Mauffret A. & Pautot G. (1980) - *Les glissements sous-marins de la pente continentale niçoise et la rupture de câbles en Mer Ligure (Méditerranée occidentale),* C.R. Acad. Sci. Paris, **290**: 959-962.

Geosarc (1997) - *Carta geologica con elementi di geomorfologia; Tavoletta Badalucco n°258-1. Regione Liguria. Ed. Ordis s.r.l. Piacenza.*

Geosarc (2003) - *Carta geologica con elementi di geomorfologia; Tavoletta Taggia n°258-2. Regione Liguria. Ed. Ordis s.r.l. Piacenza.*

Géze B. (1956) - *Interpretation tectonique de la région de Sospel (Alpes Maritimes).* C. R. Ac. Sc., t. **CCXLII**: 2733 - 2735.

Géze B. (1960) - *Évaluation du déplacementde la couverture post - triasique de l'arc de Nice (Alpes Maritimes).* C. R. Ac. Sc., t. **CCL**: 1875 - 1877.

Géze B. (1961) - *Caractéres structuraux de l'arc de Nice (Alpes Maritimes).* Livre à la mémoire du Professeur Paul Fallot, Mém. Hors sér. Soc. Gèol. Fr., t. **II**: 289 - 300.

Giammarino S., Giuffrè D., Cortellesi D. & Scappini G. (1978) - *Dati preliminari sulla neotettonica di parte del Foglio 102 (San Remo).* Contr. Prelim. Alla Realizz. Della Carta Neotett. d'It., pubb. n° 155 del P. F. Geodinamica del C.N.R.: 381 - 390, Napoli.

Giammarino S. & Tedeschi (1970) - *A proposito dell'età degli affioramenti di Ventimiglia e Pompeiana (Liguria occidentale).* Atti Ist. Geol. Univ. Genova, **8** (1): 1 - 11, Genova.

Giammarino S. & Tedeschi (1975) - *Prima segnalazione di Pliocene medio nella Liguria occidentale (Monte Bauso).* Boll. Soc. Geol. It., **94** (1 - 2): 281 - 289, Roma.

Haccard D. (1965) - *Nouvelle données sur les spilites de la sèrie de moglio, nappe des Flysch à helmintoides des Alpes maritimes franco - italiennes.* Bull. Soc. géol. Fr., **7**: 147 - 151.

Harvey A. S., Broadwater S. T., Woelkeling W.J. & Mitrovski P. J. (2003) - *Choreonema (Corallinales, Rhodophyta): 18S rDNA phylogeny and ressurection of the Hapalidiaceae for the Subfamilies Choreonematoideae, Austrolithideae, and Melobesioideae.* Journ. Phycology, **39** (5): 988 - 998.

Horn R., Menard F. & Munck F. (1965) - *Etude géophysique de la basse vallée du Var.* B.R.G.M., Rapp.DS 65 A 37.

Hsu K.J. (1973) - *The deep basin - shallow water explanation model for the Messinian events. In: Messinian Events in the Mediterranean*, Drooger C.W. ed., North - Holland, Amsterdam: 60 - 67.

PROGETTO CARG

Hsu K.J. (1978) - *Tectonic evolution of the Mediterranean Basins. In: The Ocean Basins and Margins,* 4A, Nairn, Kanes, Stehli eds., Plenum PuLl. Corp., N.Y.: 29 - 75.

Hsu K.J., Cita M.B. & Ryan W.B.F. (1973) - *Origin of the Mediterranean Evaporites. In: Init.Reports of DSDP*, 13, Washington D.C.: 1203 - 1231.

Hsu K.J., Ryan W.B.F. & Cita M.B. (1973) - *Late Miocene dessication of the Mediterranean.* Nature, **242**: 240 - 244.

International Subcommission On Stratigraphic Classification (1994) - *International Stratigraphic Guide*. International Stratigraphic Guide, 2nd edition, Salvador A., Ed.: pp. 214, Boulder.

Irr F. (1975) - *Évolution de la bordure du bassin méditerranéen nord - occidentale au Pliocene: nouvelles données biostratigraphiques sur le littoral franco - ligure et leurs implications tectoniques.* Bull. Soc. Gèol. France, 7e s., **17**: 945 - 955.

Issel A. (1892) - *Liguria geologica e preistorica, vol. I.* Donat, Genova: pp. 440.

Kuenen Ph. H., Fauret Muret A., Lanteaume M. & Fallot P. (1957) - *Observations sur les Flyschs des Alpes maritimes françaises et italiennes.* Bull. Soc. Géol. Fr., (6e sér.), t. **VII**: 11 - 26.

Lanteaume M. (1956) - *Observations sur le flysch de la Ligurie occidentale (Prov. D'Imperia, Italie).* C. R. somm. Soc. gèol. Fr.: 199 - 202, Paris.

Lanteaume M. (1957) - *Nouvelles donnees sur le flysch a helmintoides de la Ligurie occidentale (Italie).* Bull. Soc. géol., Fr., **7** (1 - 3): 115 - 123.

Lanteaume M. (1958) - *Schéma sctructural des Alpes maritimes franco - italiennes.* Bull. Soc. Géol. Fr., (6e sér.), t. **VIII**: 651 - 684.

Lanteaume M. (1968) - *Contribution à l'étude géologique des Alpes Maritimes franco - italiennes.* Mèm. Carte géol. Fr.: pp. 405.

Lanteaume M. (1990) - *Carte Géologique de la France a 1/50000. Viéve - Tende.* Ser. Géol. Nat.

Lanteaume M. & Haccard D. (1960) - *Mise au point sur la stratigraphie du Flysch à Helmintoïdes des Alpes - maritimesfranco - italiennes. Considérations sur les Flyschs à Helmintoïdes alpins.* C. R. Ac. Sc., t. **CCLI**: 2733 - 2735.

Lanteaume M. & Haccard D. (1961) - *Stratigraphie et variations de faciés des formations constitutives de la nappe du Flysch à Helmintoïdes des Alpes maritimes franco - italiennes.* Boll. Soc. Geol. Italiana, t. **LXXX**, fasc. **4**: 101 - 114.

Lanteaume M., Haccard D., Labesse B. & Lorenz Cl. (1960 - 1963) - *L'origine de la nappe du Flysch à Helmintoïides et la liaison Alpes - Appennins.* Livre à la mémoire du professeur Paul Fallot, Mèm. Hors sér. Soc. Géol. Fr., t. **I**: pp. 257.

Larroque C., Bethoux N., Calais E., Courboulex F., Deschamps A., Deverchere J., Stephan J. F., Ritz J.F & Gilli E. (2001) - *Active deformation at the junction between the southern French Alps and Ligurian Basin.* Netherlands Journal of Geosciences, **80**: 255 - 272.

Lefebvre B. (1979) - *Paléo - cours du Rhone et profondeur du Bassin occidental méditerraneéen au Messinien*. 7è R.A.S.T., Lyon.

Le Pichon X., Pautot G., Auzende J.M. & Olivet J.L. (1971) - *La Méditerranée occidentale depuis l'Oligocène. Schéma d'évolution*. Earth and Planet.Sci.Lett., **13**: 145 - 152, 4 fig.

Maddedu B., Bèthoux N. & Stephan J. F. (1996) - *Champ de contrainte post - pliocéne et déformations récentes dans les Alpes sud - occidentales.* Bull. Soc. géol. Fr., **167**: 797 - 810.

Manivith H. & Proud'Homme A. (1990) - *Biostratigraphie du Flysch à Helmintoides des Alpes Maritimes franco - italiennes. Nannofossiles de l'Unitè de San Remo - Monte Saccarello. Comparison avec les Flyschs à Helmintoides des Apennins.* Bull. Soc. géol. Fr., **6** (1): 95 - 104.

Marini M. (1988) - *Evoluzione tettonico - sedimentaria e geodinamica dei flysch cretacico - eocenici della Liguria Occidentale*. Boll. Soc. Geol. It., **107** (1): 193 - 218.

PROGETTO CARG

Marini M. & Terranova R. (1985) - *Nuovi dati sulla litostratigrafia dei flysch della Liguria Occidentale e sui loro rapporti strutturali.* Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, **92**: 95 - 163.

Marini M. (2000) - *Il Pliocene Ligure a Taggia (Imperia, Alpi Marittime liguri): stratigrafia fisica ed evoluzione sedimentaria.* Boll.Soc. Geol. It., **119**:423 - 443, 2 ff., 2 tav.

Martini E. (1971) - *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In: "Proceedings II Planktonic conference".* A.Farinacci (Ed.), 2, (1970): 739 - 785, Roma.

Merizzi G. & Seno S. (1991) - *Deformations and gravity driven translation of the S. Remo - M. Saccarello Nappe (Helmintoid Flysch, Ligurian Alps).* Boll. Soc. Geol. It., **110**: 757 - 770.

Merla G. (1951) - *Geologia dell'Appennino settentrionale.* Boll. Soc. Geol. Italiana, t. LXX: 95 - 382.

Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1975) - *Turbidite facies and facies association.* In: *Examples of turbidite facies and facies associations from selected formations of Northern Appennines.* IX Intern. Congr. Sedim, Nice, libro guida A - II: 21 - 36.

Mutti E. (1979) - *Turbidites et cônes sous - marins profonds.* In Homewood P. (Ed), *Sedimentation détritique (fluviatile, littorale et marine).* Institut de Gèologie, Univ. Fribourg, Suisse: 353 - 419.

Neotectonic Map Of Italy (1983) - Foglio I Quaderni della Ricerca Scientifica n. 114 vol. 4, C.N.R., Roma.

Nesteroff W.D. (1973) - *Un modele pour les évaporites messiniennes en Méditerranée: des bassins peu profonds avec dépot d'évaporites lagunaires. In: Messinian Eventsin the Mediterranean*, Drooger C.W. ed., North - Holland, Amsterdam: 68-81.

Nesteroff W.D. & Glazon G. (1975) - *Le controle de la crise de la salinité messinienne en Méditerranée par les glaciations miocènes*. Réun.Monaco, **23**, 4:153 - 154.

Okada H. & Bukry D. (1980) - *Supplementary modification and introduction of code numbers to the low - attitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975).* Marine Micropaleontology, **5**: 321 - 325, Amsterdam.

Omalius d'Halloy J. B. B. d', (1810) - *Notice géologique sur la route du col de Tende dans les Alpes - maritimes, précédées de considérations sur les terrains intermédiares.* Journ. Des Mines, t. **XXVII**, n° **165**: pp.169.

Pareto L. (1833) - *Notes sur la route de la corniche de Nice à Gênes et sur la route de Gênes à La Spezia.* Bull. Soc. Geol. Fr., (1re sér.), t. **III**: pp. 332.

Pareto L. (1834) - *Observations sur le département des Basses - Alpes.* Bull. Soc. Geol. Fr., (1re sér.), t. **IV**: 185 - 196.

Pareto L. (1846) - *Carta geologica della Liguria marittima.* Gênes.

Pareto L. (1861) - *Coupes à travers l'Appennin des bords de la Méditerranée à la vallée du Pô, depuis Livourne jusqu'à Nice.* Bull. Soc. Géol. Fr., (2e sér.), t. **XIX**: 239 - 320, pl. V - VII.

Peloso G. F. & Cameron E. (2001) - *Analisi idrogeologica e simulazione numerica dell'acquifero di subalveo del T. Argentina (Liguria occidentale).* Atti Tic. Sc. Terra, **42**: 101 - 124.

Perez J. L. (1975) - *La zone limite entre l'Arc de Nice et l'Arc de la Roja (Alpes Maritimes). Observation structurales.* Bull. Soc. Géol. France, **17**: 930 - 938, Paris.

Plessmann W.(1961) - *Strömungsmarken in klastichen Sedimenten und ihre geologische Auswertung. Untersuchungsergebnisse im Oberharzen Kulm und im westalpinen Flyschbecken von San Remo.* Geol. Jb., **1**: 503 - 566.

Potier A. (1879) - *Note sur les gypses de l'ancien comté de Nice.* Bull. Soc. Géol. Fr., (3e sér.), t. **VII**: 603 - 606.

Ramsay J. G.(1967) - *Folding and fracturing of rocks.* Mc Graw - Hill, New York: pp. 568.

Rehault J.P., Olivet J.L. & Auzende J.M. (1974) - *Le bassin nord - occidental méditerranéen: structure et évolution.* Bull.Soc.Géol.France, (7), **XVI**: 281 - 294.

Rehault J.P., Boillot G. & Mauffret A. (1984) - *The Western Mediterranean Basin: geological evolution.* Mar Geol., **55**: 447-478.

PROGETTO CARG

Richter M. (1961) - *Ueber den Bau der Ligurischen Alpen. 3. Tektonik und Stellung der Flyschzone.* Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch.,. **113**: f.l, 116 - 149.

Rio D., Raffi I. & Villa G. (1990) - *Pliocene - Pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the Western Mediterranean. In: "Kastens K. A:, Mascle J., et al.".* Eds: Proceedings of the ODP, Scientific Result, **107**: 513 - 533.

Rio D. & Villa G. (1987) - *On the age of the "Salti del Diavolo" conglomerates and the Monte Cassio Flysch "Basal complex"(Northern Apennines, Parma Province).* Giorn. Di Geologia, ser. 3, **49**, (1): 63 - 79.

Robba E. (1981) - *Malacofaune batiali della Liguria occidentale.* Riv. Ital. Paleont., **7** (1): 93 - 164.

Ryan W.B.F. (1973) - *Geodynamic implications of the Messinias crisis of salinity. In: Messinian Events in the Mediterranean*, Drooger C.W. ed. North - Holland, Amsterdam: 26 - 38.

Ryan W.B.F. (1976) - *Quantitative evaluation of the depth of the western Mediterranean before, during and after the Late Miocene salinity crisis.* Sedimentology, **23**: 791 - 813.

Sagri M. (1980) - *Le arenarie di Bordighera: una conoide sottomarina nel bacino di sedimentazione del flysch ad Helmintoidi di S. Remo (Creta Sup., Lig. Occ.).* Boll. Soc. Geol. It., **99**: 205 - 226.

Sagri M. (1984) - *Litologia, stratimetria e sedimentologia delle turbiditi di piana di bacino del Flysch di San Remo (Cretaceo superiore, Liguria Occidentale).* Mem. Soc. Geol. It., **28**: 577 - 586.

Schröeder S. & Carobene L. (1999) - *Sedimentary evolution of the Lower Pliocene in the Bussana - Taggia Basin, NW - Italy.* Zbl. Geol. Paläont., Teil I (1997), H. **10** - **12**: 1391 - 1401.

Scrocca D., Doglioni C., Innocenti F., Manetti P., Mazzotti A., Bertelli L., Burbi L.& D'Offizi S. (2003) - *CROP ATLAS Seismic reflection profiles of the Italian Crust.* Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. **LXII**.

Segre G. (1960) - *Carte bathymétrique de la Méditerranée occidentale.* Ist. Idro. M.M.Genova.

Serra - Kiel J., Hottinger L., Caus E., Drobne K., Ferrandez C., Jauhri A. K., Less G., Pavlovec R., Pignatti J., Samso J. M., Schaub H., Sirel E., Srougo A., Tambareau Y., Tosquella J. & Zakrevskaya E. (1998) - *Larger Foraminiferal Biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene.* Bull. Soc. Géol. France, Paris, **169** (2): 281 - 299.

Sismonda E. (1852) - *Classificazione dei terreni stratificati delle Alpi fra il Monte Bianco e la Contea di Nizza.* Mem R. Accad. Sc. Torino, t. **XII**.

Sismonda E. (1852) - *Notes sur les dépôts à Nummulites.* Bull. Soc. Géol. Fr., (2e sér.), t. **X**: pp. 329.

Sismonda E. (1866) - *"Carta geologica di Savoia, Piemonte e Liguria".* Seconda edizione. Torino.

Sissingh W. (1977) - *Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton*. Geol. Mijnbouw., **56**: 37-65

Structural Model Of Italy (1983) - Foglio I Progetto Finalizzato Geodinamica, C.N.R., Roma.

Vanossi M. (1965) - *Studio sedimentologico del flysch ad elmintoidi della Valle Argentina (Liguria occidentale).* Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, **16**: 114 - 184.

Vanossi M. (1994) - *Guide Geologiche Regionali (Alpi Liguri).* A cura della Soc. Geol. It.: pp. 249, 1 pl. BE-MA Edit.

Vanossi M., Cortesogno L., GAlbiati B., Messiga B., Piccardo G. B. & Vannucci R. (1984) - *Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi.* Mem. Soc. Geol. It. **28**: 5 - 75.

Womersley H. B. S. (1996) - *The Marine benthic flora of Southern Australia. Rhodophita - Part III B.* Australian Biological Resources Study: pp. 392, Canberra.

PROGETTO CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO
CARG

PROGETTO
CARG