



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine



REGIONE AUTONOMA
FRIULI VENEZIA GIULIA

DIREZIONE CENTRALE ambiente
e LAVORI PUBBLICI

servizio geologico

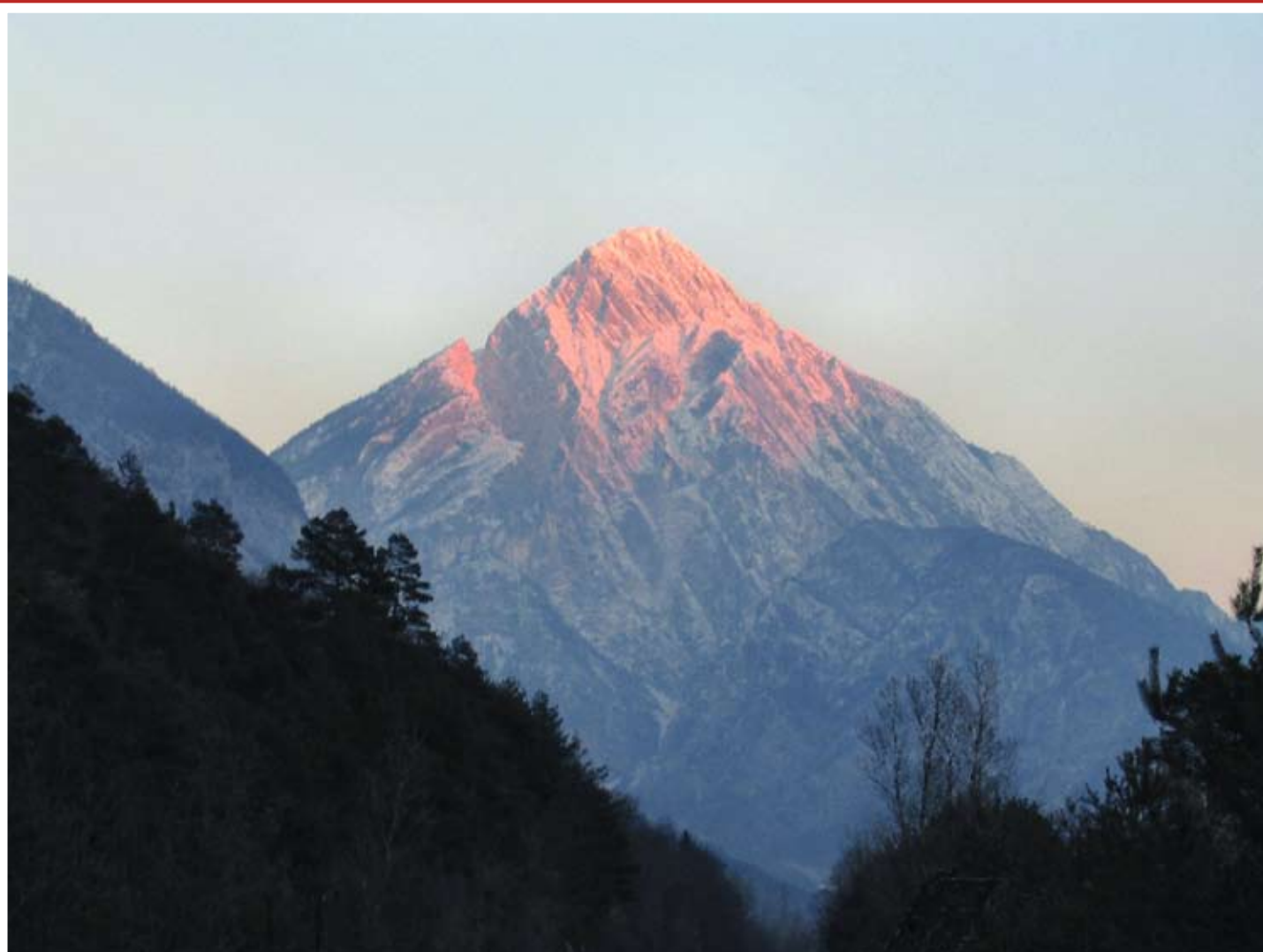


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE
Dipartimento di Georisorse e Territorio

Giovanni Battista Carulli

CARTA GEOLOGICA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

Scala 1:150 000



NOTE ILLUSTRATIVE



S.E.L.C.A. - Firenze



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE
Dipartimento di Georisorse e Territorio

CARTA GEOLOGICA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

Scala 1:150 000

NOTE ILLUSTRATIVE



S.E.L.C.A. Firenze - 2006

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA

Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici

Servizio Geologico

Direttore del Servizio: T. Tirelli

Coordinatore Cartografia Geologica Regionale: M. Ravalico

A cura di:

Giovanni Battista Carulli¹

con contributi di:

B. Della Vedova³, F. Podda², D. Slejko⁶, C. Zanolla⁶

con revisioni di:

C. Bartolini⁵, D. Masetti¹, R. Nicolich³, D. Sartorio⁷, G. Tunis¹, C. Venturini⁴ e A. Zanferrari²

realizzazione cartografica:

S.EL.CA. srl - Firenze

1 - Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università degli Studi di Trieste

2 - Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università degli Studi di Udine

3 - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Trieste

4 - Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali dell'Università degli Studi di Bologna

5 - Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Firenze

6 - Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - OGS, Trieste

7 - Eni E. & P. Division

In copertina: il M. Amariana (1906 m) sovrastante Tolmezzo, visto da occidente. La netta incisione sulla sinistra del profilo del monte ("Il Portonàt") corrisponde alla "linea della Citate", faglia subverticale che disloca la Dolomia Principale ed il sovrastante Calcare del Dachstein in due monoclinali ad immersione nettamente opposta.

Sul retro di copertina: "Carta geologica del Friuli, nei suoi confini naturali sino al F. Isonzo" alla scala 1:86 400 di TARAMELLI (1874)

Presentazione

Il primo nucleo di quello che oggi è il Servizio Geologico regionale si costituì nell'immediato post terremoto che colpì il Friuli nel maggio e settembre 1976, con compiti di supporto tecnico e consulenza agli Enti Locali per quanto riguardava i primissimi interventi di ripristino.

Nel corso degli anni le competenze del Servizio Geologico si sono ampliate fino a comprendere tra l'altro lo sviluppo di un articolato programma di cartografia geologica che si fonda sui due pilastri costituiti dal Progetto CGT (Carta geologico – tecnica regionale in scala 1:5000) e dal Progetto CARG (Cartografia geologica nazionale in scala 1:50000).

Peraltro, il Servizio Geologico riceve con sempre maggiore frequenza da soggetti diversi (enti locali, ordini professionali, operatori culturali e scolastici, privati cittadini, ecc.), richieste di una carta geologica che comprenda l'intero territorio regionale. Tali richieste sono dettate da differenti motivazioni ma convergono tutte sull'esigenza di avere a disposizione uno strumento cartografico di base a scala adeguata che coniughi il rigore scientifico del dato geotematico rappresentato con una visione d'insieme del territorio e con la facile maneggevolezza di consultazione.

Con la presente “Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia in scala 1:150000”, realizzata congiuntamente dal Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università degli Studi di Trieste e dal Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università degli Studi di Udine, l'Amministrazione Regionale intende soddisfare questa esigenza.

E' necessario infatti fornire strumenti scientifici di conoscenza accessibili ad una molteplicità di soggetti per promuovere e diffondere i concetti di fruizione responsabile del territorio e di sviluppo sostenibile.

Gianfranco MORETTON

Vicepresidente, Assessore regionale all'ambiente
ai lavori pubblici e alla protezione civile

Ringraziamento

Le Università degli Studi di Trieste e di Udine nell'ambito della Convenzione stipulata con il Servizio Geologico hanno indicato, quale Coordinatore e Responsabile Scientifico delle attività relative alla realizzazione della “Carta Geologica del Friuli Venezia Giulia in scala 1:150.000”, il Professor Giovanni Battista Carulli, Ordinario di Geologia presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali - Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università degli Studi di Trieste.

Tale scelta non poteva essere migliore in considerazione dell'altissimo livello di conoscenza, minuziosa e dettagliata, della geologia del territorio regionale maturata dal Professor Carulli a seguito di una pluridecennale esperienza di ricerca presso l'Ateneo triestino. Quale studente di Geologia ricordo il Professor Carulli sempre pronto, al di fuori delle lezioni, a soddisfare le mie (e non solo) richieste di chiarimenti e delucidazioni senza fretta, con pazienza e dovizia di dati.

In questi anni, quale Direttore del Servizio Geologico, ho apprezzato anche la ricchezza culturale del Professor Carulli e la capacità – certamente non comune - di mettere a disposizione le nuove conoscenze scientifiche ottenute a seguito dei suoi studi.

Quale amico, se il Professor Carulli mi consente la confidenza, ho apprezzato anche la ricchezza della persona, anche questa dote non comune. Al Professor Carulli vada quindi un sentito ringraziamento per il prezioso lavoro svolto in questa occasione, a coronamento - e non certo a conclusione - della sua lunga e proficua attività accademica.

dott. geol. Tiziano TIRELLI
Direttore del Servizio Geologico

Indice

1 - Introduzione	pag. 5
2 - Il progetto della Carta, il suo allestimento e i suoi contenuti	» 5
3 - Sintesi storica della cartografia geologica del Friuli Venezia Giulia	» 6
4 - Documenti di base utilizzati per la realizzazione della Carta geologica	» 9
5 - Caratteri geografici e geomorfologici	» 10
6 - Inquadramento geologico	» 12
7 - Le litostratigrafiche	» 13
7.1 - Basamento ercinico metamorfico della Catena Paleocarnica occidentale	» 13
7.2 - Successione ercinica non metamorfica della Catena Paleocarnica	» 13
7.3 - Successione tardo-ercinica	» 15
7.4 - Successione paleozoica post-ercinica	» 16
7.5 - Successione mesozoica	» 17
7.6 - Successione cenozoica	» 25
7.7 - Coperture quaternarie	» 26
8 - Simboli	» 28
8.1 - Cordoni morenici	» 28
8.2 - Aree con fenomeni carsici	» 29
8.3 - Corpi di accumulo di paleofrana (e depositi paleolacustri connessi)	» 29
8.4 - Corpi di accumulo di frana	» 30
8.5 - Conoidi alluvionali	» 31
8.6 - Conoidi alluvionali dei torrenti Cellina e Meduna	» 31
8.7 - Orli di terrazzo	» 31
8.8 - Miniere abbandonate	» 31
8.9 - Cave attive	» 32
8.10 - La linea delle risorgive	» 32
8.11 - Affioramenti rocciosi sottomarini	» 32
9. Sovrassegni	» 32
9.1 - Tessiture del dominio continentale	» 32
9.2 - Tessiture dei domini marini e lagunari	» 33
10 - Schemi	» 33
10.1 - Sezioni geologiche	» 33
10.2 - Inquadramento strutturale	» 35
10.3 - Schema dei rapporti stratigrafici	» 35
10.4 - Carta della sismicità storica	» 36
10.5 - Carta della profondità della Moho e delle anomalie gravimetriche	» 37
10.6 - Carta del flusso di calore superficiale	» 37
10.7 - Carta delle coperture quaternarie della pianura friulana	» 39
10.8 - Carta di posizione delle fonti bibliografiche	» 39
Bibliografia	» 39

1 - Introduzione

La carta geologica costituisce lo strumento di base per la conoscenza degli aspetti fisici del territorio. Di conseguenza essa è supporto fondamentale per la sua corretta gestione anche perché, evidenziandone la vulnerabilità attraverso opportuni processi interpretativi, fornisce le indicazioni essenziali ai fini della sua protezione dalle pericolosità naturali.

La carta geologica rappresenta pertanto il presupposto per la programmazione degli interventi finalizzati sia alla pianificazione territoriale, sia alla progettazione di opere ed infrastrutture, sia alla tutela dell'ambiente. A questa funzione si accompagna quella, non secondaria, di strumento di conoscenza, d'informazione, di cultura. Essa infatti risponde ad esigenze di divulgazione scientifica da tempo avvertite dalle Istituzioni, dalla Scuola, da Enti pubblici e privati e da singoli cittadini che desiderano conoscere la loro terra attraverso uno strumento moderno, scientificamente garantito ed utile non solo per la cultura del territorio ma anche per la sua salvaguardia.

Le presenti note hanno la funzione di illustrare quanto è rappresentato nella carta le cui esigenze di spazio impongono maggior concisione nella descrizione. Esse pertanto intendono specificare meglio le voci della legenda, integrandone ed arricchendone le descrizioni, ma mirano anche a commentare i contenuti degli altri schemi al contorno.

Le Note sono precedute da una spiegazione della filosofia progettuale di allestimento della carta, da una raccomandazione sul significato della scala usata, da una sintetica descrizione della storia della cartografia geologica del Friuli e della Venezia Giulia, integrata ed aggiornata da un'elencazione delle fonti più moderne servite per la compilazione della carta stessa. Tale elenco funge anche da corposa ed aggiornata bibliografia sulla geologia regionale che, arricchita da altre voci, figura nella parte finale delle Note.

In esse sono altresì inserite una schematica descrizione della posizione geografica del Friuli Venezia Giulia e delle sue caratteristiche morfologiche, nonché un inquadramento geologico che colloca la regione stessa nel contesto della catena alpina e di quella dinarica adiacente, sintesi e premessa alle descrizioni stratigrafiche e strutturali che seguono.

2 - Il progetto della Carta, il suo allestimento e i suoi contenuti

La *Carta geologica del Friuli Venezia Giulia alla scala 1:150 000*, e il suo sviluppo in sistema informativo territoriale (GIS), sono stati oggetto della Convenzione d.d. 20.11.2003, Rep. n. 8150 e suo Atto Aggiuntivo d.d. 17.11.2004, Rep. n. 8428, tra la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Servizio Geologico della Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, ed i Dipartimenti di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste e di Georisorse e Territorio dell'Università di Udine.

La sua esigenza è stata suggerita in quanto un documento di sintesi che rappresentasse l'intero territorio regionale non era mai stato realizzato, alla scala adottata. In realtà, nel 1970, l'allora Ufficio Geologico dell'Assessorato dei Lavori Pubblici della Regione aveva provveduto alla stampa della "*Carta geologico-tecnica della Regione*" in 12 tavole alla scala 1:100 000 ma, come denunciato dal titolo, con contenuti essenzialmente litologici. La presente Carta geologica regionale, invece, è stata progettata in modo da soddisfare quanto espresso nell'introdu-

zione, compatibilmente con la scelta della scala stessa giudicata sufficiente per gli scopi proposti.

A tale proposito si deve segnalare che la scala 1:150 000 è stata condizionata in primo luogo dall'esigenza di poter disporre di un documento cartaceo sufficientemente maneggevole. Infatti, la superficie alquanto ridotta della Regione (7.856,48 km²) non suggeriva l'adozione di una scala più piccola. Di contro la sua forma inseribile all'incirca in un quadrato, considerando le coordinate geografiche dei suoi estremi (vedi Cap. 5), se riportata in scala maggiore quale 1:100 000, avrebbe costretto la stampa su due fogli. Considerata poi la necessità di riportare in cornice le informazioni al contorno (legenda corposa, sezioni geologiche, schemi vari,...), si sarebbe venuto meno alle citate esigenze di facile gestione del documento. E' ben vero che la Carta geologica viene diffusa anche come documento elettronico sotto forma di CD-ROM, ma la versione a stampa mantiene la sua funzione continuando a soddisfare esigenze e condizionamenti irrinunciabili.

Base topografica ottimale è stata giudicata la "*Carta stradale del Friuli Venezia Giulia, alla scala 1:150 000*", ed. 2002, della Casa Editrice Tabacco di Tavagnacco (Udine) in quanto ritenuta, per chiarezza, tratto ed aggiornamento, la più idonea al riporto ed alla conseguente leggibilità dei numerosi e complessi dati geologici previsti in sovrapposizione. La base cartografica, consistente nei tipi del colore nero (toponomastica e planimetria), bistro (isoipse) e blu (idrografia), è stata poi sottoposta a processo di georeferenziazione da parte della S.EL.CA. di Firenze, avendo come riferimento la Carta regionale alla scala 1:25 000.

Non si insisterà mai abbastanza nel segnalare, qui come nella lettura e nella fruizione di qualsiasi documento cartografico, la dovuta attenzione al significato della scala ed ai limiti conseguenti. Nel caso specifico si sottolinea che la scala adottata è la **scala 1:150 000**, per cui i dati riportati hanno significato solo a quella scala, e che anche le semplificazioni ed i criteri di omogeneizzazione adottati sono stati considerati in funzione del rapporto prescelto. Pertanto tutte le informazioni contenute vanno lette tenendo ben presenti i limiti conseguenti alla scala relativamente piccola alla quale sono rappresentate nonché i possibili piccoli errori derivanti dal riporto dei dati (l'errore di riporto di un mm alla scala 1:150 000 corrisponde, sul terreno, a 150 m).

La raccomandazione vale soprattutto se si considera che la Carta è fornita anche in versione informatizzata su CD-ROM. Pertanto, grazie alla gestione elettronica dell'immagine, gli ingrandimenti a qualunque scala, molto più facili di quelli per via fotomeccanica, amplificano teoricamente all'infinito l'errore e l'indeterminatezza del dato.

Per quanto attiene alle modalità di costruzione ed ai suoi contenuti, la *Carta geologica del Friuli Venezia Giulia* è essenzialmente il risultato dell'assemblaggio di documenti di cartografia geologica già pubblicati (o in corso di pubblicazione), privilegiando quelli più recenti, che variamente coprono porzioni del territorio regionale. I dati contenuti in essi sono stati rivisti criticamente ed omogeneizzati in modo da rispondere alla legenda ed alla scala in precedenza definite. Solo nel caso di mancanza di dati ne sono stati inseriti di inediti o ottenuti da sopralluoghi effettuati allo scopo.

La legenda è stata progettata in modo da poter privilegiare, in prima istanza, litologia ed età delle unità stratigrafiche rappresentate. Con questa filosofia sono state accorpate tutte quelle formazioni geologiche, nella realtà regionale quasi esclusivamente sedimentarie, che si sono deposte in ambienti analoghi in un certo intervallo temporale. Seguendo una ripartizione grossolana, ma utile a fini semplificativi, è stata adottata la distinzione fra ambiente di piattaforma e ambiente di bacino, intendendo nel primo caso condizioni di sedimentazione di mare sottile, nel

secondo non necessariamente quelle batiali, di mare profondo, ma anche quelle di ambienti di piattaforma aperti verso i bacini ed influenzati da apporti pelagici. Sotto il profilo del significato temporale, invece, si è cercato di raggruppare tutte quelle unità stratigrafiche che ricadono in un intervallo cronologico ben definito (anche se non sempre ristretto date le necessità di sintesi conseguenti alla scala adottata). Sintetizzando, si può affermare che la descrizione delle unità rappresentate in legenda è stata tratta, semplificata ed omogeneizzata, dalle legende delle carte geologiche dei diversi settori in cui esse affiorano, nonché da quanto descritto in proposito in VAI *et al.* (2002).

Per quanto riguarda la scelta dei colori usati, si è cercato di seguire quanto più possibile le indicazioni del “*Manuale cromatico*” edito dal Servizio Geologico d’Italia (2002) per il Progetto di cartografia geologica CARG. Infine, data la posizione di confine della Regione e l’auspicabile allestimento in un futuro non lontano di una carta geologica priva di limiti politici ed amministrativi, si è ritenuto opportuno fornire la traduzione in inglese di quanto rappresentato.

Per quanto attiene al Sistema informativo territoriale (GIS) collegato alla Carta, cui si è accennato in apertura, esso è stato organizzato in modo tale che ai dati spaziali della Carta geologica siano correlati tutti i dati tabellari della legenda.

In chiusura si ribadisce ancora una volta la filosofia di progettazione della Carta che non mira ad un prodotto con finalità esclusivamente scientifiche, pur essendo stato realizzato con le maggiori garanzie sotto tale profilo, bensì si propone come documento di base per soddisfare le esigenze espresse nell’Introduzione.

3 - Sintesi storica della cartografia geologica del Friuli Venezia Giulia

Per una storia, sia pur sintetica, della cartografia geologica regionale si devono considerare preliminarmente le vicende storiche e politiche che negli ultimi due secoli hanno visto il territorio variamente suddiviso fra amministrazioni diverse, specie ai suoi confini orientali. Pertanto, anche per questo argomento si deve seguire un’evoluzione storica diversa per il Friuli e per la Venezia Giulia, almeno fino agli anni ’20 quando l’Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia unificò le iniziative nel campo della cartografia geologica anche dei nuovi territori italiani.

La prima bozza di rappresentazione della geologia del territorio della provincia di Trieste compare nella carta geologica di VON MORLOT (1848), sia pure nel più ampio contesto della penisola istriana (fig.1). In essa è singolare l’attribuzione dell’età dei depositi flyschoidi (indicati nella legenda, ovviamente in tedesco, con il termine locale di “Tassello, Im Provinzialdialekt auch Masegno oder Crustello”) che, data la loro posizione a quote inferiori, vengono indicati come più antichi di quelli carbonatici.

Ad essa segue di poco la “*Carta geologica dell’Istria tracciata nell’autunno del 1850*”, alla scala 1:400 000, allegata ai “*Cenni geologici sull’Istria di EMILIO CORNALIA e LUIGI CHIOZZA letti nell’adunanza dell’I.R. Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti del giorno 9 gennaio 1851*”.

Del 1889 è la “*Geologische übersichts Karte der Küstenländer von Oesterreich Ungarn*” alla scala 1:1 008 000 di STACHE, creatore del piano Liburnico ed acuto studioso anche della serie paleozoica della Catena Carnica (1874). Essa precede di poco la monumentale carta geologica dell’intero Impero Austro-ungarico di VON HAUER (1896), alla scala 1: 2 016 000, sintesi di precedenti (1866, 1868, 1871) carte di settore a scala maggiore.



fig. 1 - La carta geologica di VON MORLOT (1848).

Questi documenti rientrano nell’intensa attività del K. u K. Geologische Reichsanstalt (Ufficio Geologico di Vienna) che, per quanto riguarda la Venezia Giulia, culmina negli eccellenti fogli “*Görz und Gradisca*” e “*Triest*” (fig. 2) di STACHE (1920), alla scala 1:75 000, che comprendono quasi tutto il territorio delle due attuali province.

Sempre nell’ambito della Geologische Spezialkarte si ricordano anche i fogli “*Oberdrauburg Mauthen*”, “*Sillian S. Stefano*” e “*Tolmein*”, pubblicati fra il 1901 e il 1920 alla scala 1:75 000, nei quali ricadono limitate porzioni dell’attuale territorio regionale. La “*Carta geologica dei dintorni di Trieste*” alla scala 1:100 000 di BLASIG (1921) è, come denuncia l’autore nel testo di accompagnamento, poco più di una copia delle carte di STACHE.

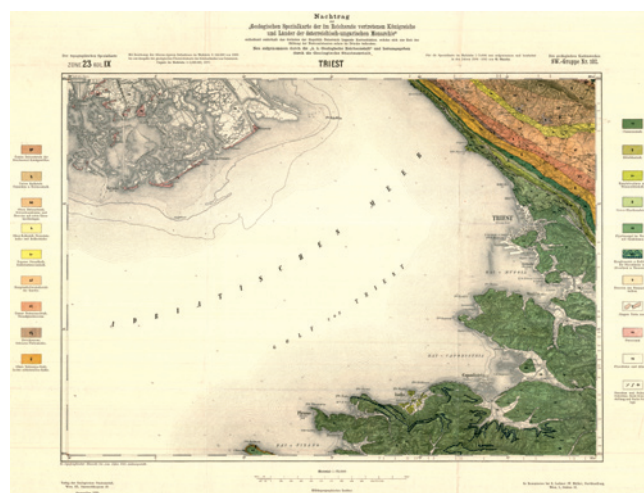


fig. 2 - Il foglio geologico “Triest” di STACHE, pubblicato nel 1920 ma rilevato a cavallo fra l’800 ed il ’900.

Nel 1922 e 1924, sotto gli auspici della Società Alpina delle Giulie, vengono pubblicati due fogli alla scala 1:200 000 della “*Carta geologica della Venezia Giulia*”, ad opera di PASESE (zona settentrionale) e di SACCO (zona meridionale).

Per quanto riguarda il Friuli la prima carta geologica si deve a PIRONA, fra i più illustri dei suoi primi naturalisti, che nel 1861 pubblica a Udine i “*Cenni geognostici sul Friuli*”, con annessa carta geologica alla scala 1:332 000 (fig. 3). In realtà il territorio friulano era già stato illustrato dall’austriaco SCHEDA (1847) in una carta alla scala 1:3 370 000. Essa traccia per il Friuli un quadro ancora approssimativo e privo di dettaglio che invece si ritrova, ben maggiore, nella “*Carta geologica del Friuli nei suoi confini naturali sino al F. Isonzo*” di TARAMELLI (1874) alla scala 1:86 400 (vedi retro di copertina), documento olografo conservato presso il Museo Capellini dell’Università di Bologna.

Essa prelude alla “*Carta geologica del Friuli rilevata negli anni 1867-74*” (scala 1:200 000) dello stesso autore ed edita nel 1881 (accompagnata da un volume di “*Spiegazione*” di ben 187 pp.). A TARAMELLI, uno dei massimi geologi italiani, si deve tra l’altro la splendida “*Carta geologica delle Province Venete*” (1882) alla scala 1:600 000 (fig. 4) nonché una carta geologica dell’Istria e delle isole del Quarnero, alla scala 1:72 000 (1878). Carte settoriali, per lo più limitate alla Catena Carnica, si devono poi ai grandi geologi austriaci HAUER (1888), FRECH (1894), GEYER (1901, 1902): si tratta di carte validissime non solo di per sé ma anche perché, specie le prime, innescano un contenzioso scientifico, molto fertile per lo sviluppo delle conoscenze, fra geologi austriaci ed italiani. Tra questi ultimi si ricorda la grande figura di GORTANI, autore del primo “*Schizzo geologico del Friuli*” (1926) inteso nei nuovi confini politici stabiliti dopo il primo conflitto mondiale.

In realtà, al di là degli alti contenuti scientifici sia pur pioneristici e della priorità storica di quei documenti, viste le date di pubblicazione il territorio interessato era relativo ad un Friuli ridotto (tranne l’ultimo documento citato) ai limiti territoriali

che la situazione politica dell’epoca comportava.

Con il 1867 viene istituito il *Reale Comitato Geologico d’Italia*, incaricato della “*Compilazione e pubblicazione della grande Carta geologica del Regno*”. Nel 1873 nasce, nell’ambito del Corpo Reale delle Miniere (Ministero dell’Agricoltura, Industria e Commercio), l’*Ufficio Geologico*, poi *Servizio Geologico* (ora nell’APAT, Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici), a cui viene affidata la realizzazione della Carta geologica d’Italia. Essa si completa appena nel 1976 (grazie alla legge n. 15 del 3/1/60) con la pubblicazione, e parziali riedizioni, dei 277 fogli di copertura dell’intero territorio nazionale.

Delle Tre Venezie si occupa il benemerito *Ufficio Idrografico del Regio Magistrato alle Acque* di Venezia che pubblica i fogli geologici relativi al territorio regionale, stampati sulle basi dell’Istituto Geografico Militare (I.G.M.) alla scala 1:100 000, secondo la seguente scadenza:

- F° 25 “*Udine*” e relative Note illustrative (FERUGLIO, 1925; 1929)
- F° 14 “*Pontebba*” e relative Note illustrative (GORTANI & DESIO, 1925; 1927)
- F° 24 “*Maniago*” e relative Note illustrative (ZENARI, 1927; 1929)
- F° 4^C-13 “*M. Cavallino-Ampezzo*” (GORTANI, DE TONI & ZENARI, 1933)
- F° 26 “*Tolmino*” (FABIANI *et al.*, 1937)
- F° 40^A “*Gorizia*” (MARTINIS, 1951)
- F° 53^A “*Trieste*” e relative Note illustrative (D’AMBROSI, 1953; 1955)
- F° 14^A “*Tarvisio*” (GORTANI, SELLI & DI COLBERTALDO, 1954)
- F° 39 “*Pordenone*” (COMEL & FERASIN, 1955; relative Note illustrative di COMEL, 1956),
- F° 40 “*Palmanova*” e relative Note illustrative (COMEL, 1958),

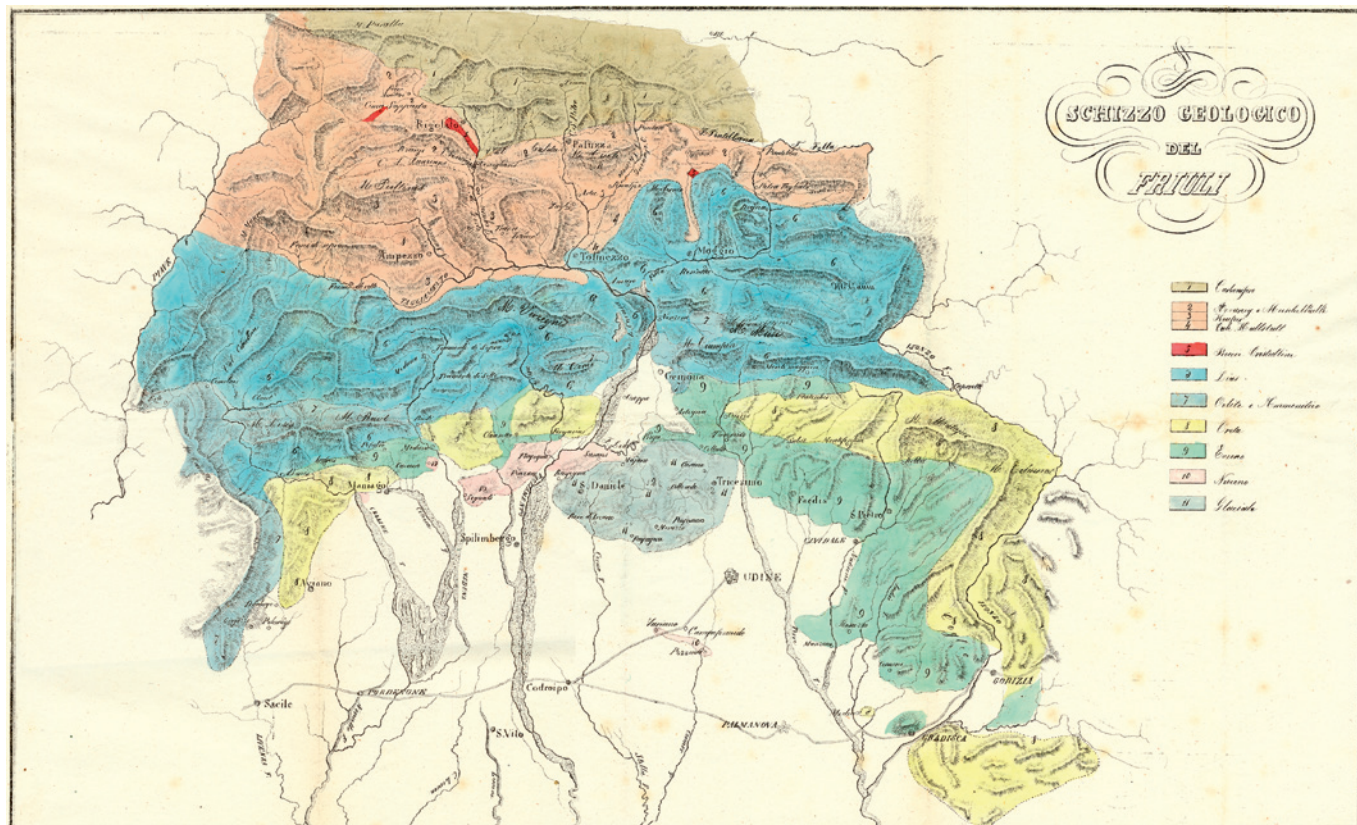


fig. 3 - La prima carta geologica del Friuli di PIRONA (1861).

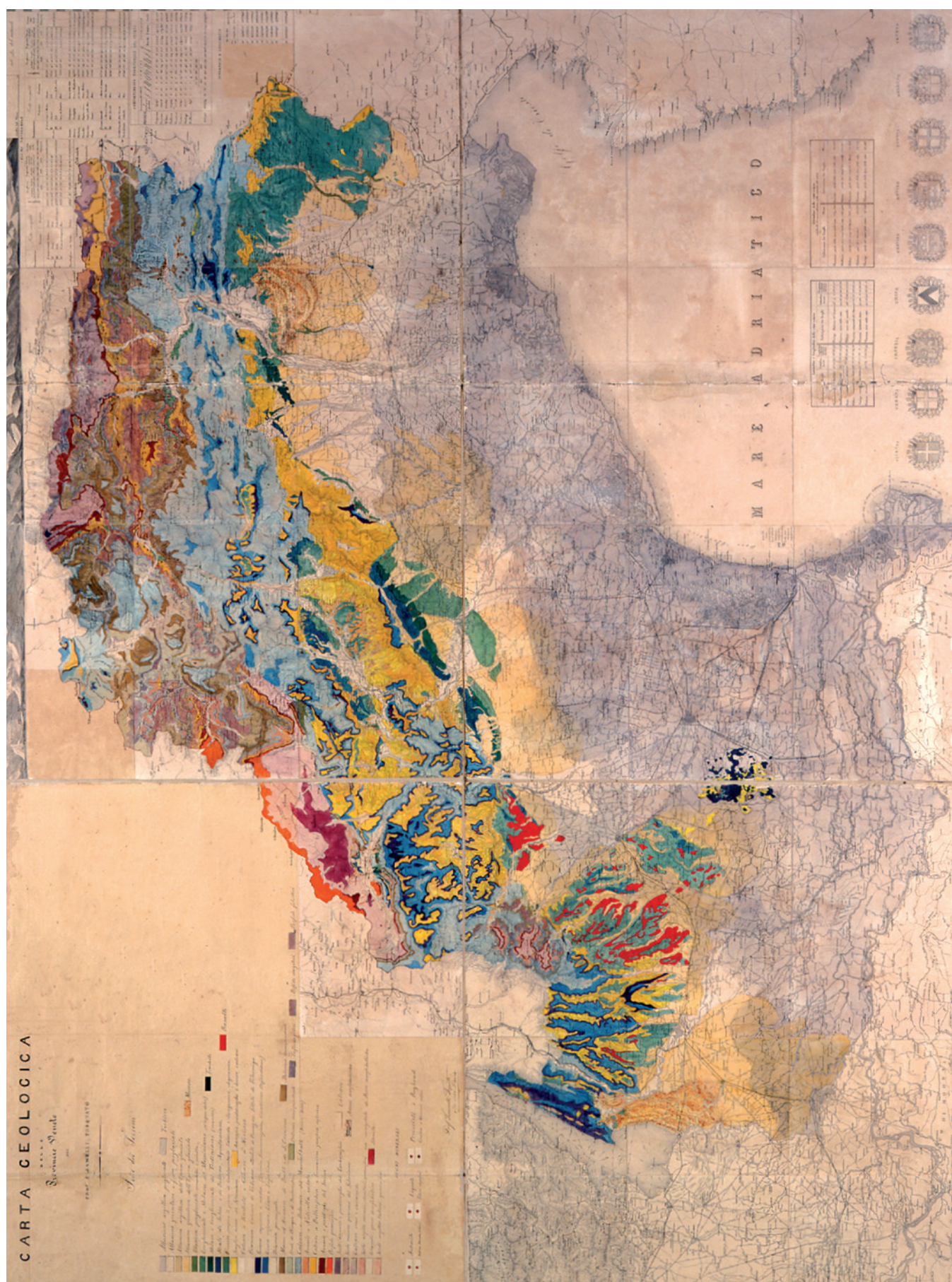


fig. 4 - La geologia delle "Provincie Venete" illustrata dalla carta di TARAMELLI (1874).

F° 52 “S. Donà di Piave” e F° 53 “Foce del Tagliamento.” e relative Note illustrative (COMEL, 1959).

Si tratta di carte che, pur mantenendo un elevato valore scientifico, indiscussa base per lo sviluppo delle future conoscenze, presentano disomogeneità, anche perchè prodotte da rilevatori di scuole diverse. Ma specialmente, data l'anzianità di esse ed il divario talora trentennale di data di pubblicazione, costituiscono documenti non comparabili in quanto non possono aver tenuto conto dell'evoluzione delle conoscenze. A quest'ultima esigenza ha soddisfatto, a distanza di decenni, la revisione e la riedizione dei soli fogli 14^A “Tarvisio” (ASSERETO *et al.*, 1967; Note illustrative del 1968) e 4^C-13 “M. Cavallino-Ampezzo” (CANTELLI *et al.*, 1971; Note illustrative di BRAGA *et al.* del 1971).

A partire dalla seconda metà degli anni '70, in coerenza con i programmi di cartografia adottati negli altri paesi della Comunità Europea e nell'ambito della programmazione triennale per la tutela ambientale, è iniziato il Progetto nazionale di CARTografia Geologica (CARG). Esso prevede la copertura del territorio nazionale di fogli alla scala 1:50 000, più idonea a compendiare la necessità di sintesi regionale e di maggiore dettaglio rispetto ai precedenti prodotti della Carta geologica nazionale. Al Progetto CARG è associata una banca dati ad elevato contenuto informativo dalla quale poter ricavare carte geotematiche ancor più specifiche per una corretta pianificazione e gestione del territorio e, più in particolare, per la riduzione e la mitigazione dei rischi geologici.

Nell'ambito del Progetto CARG sono in corso di esecuzione i fogli regionali “031 Ampezzo”, curato dal Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali dell'Università di Bologna (responsabile scientifico G.B. VAI; rilevatori C. VENTURINI, S. DELZOTTO, C. FONTANA, M. PONDRELLI, G. LONGO SALVADOR e G.B. CARULLI) e “066 Udine”, “065 Maniago”, “049 Gemona del Friuli” e “086 S. Vito al Tagliamento”, affidati al Dipartimento di Georisorse e Territorio dell'Università di Udine e al Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università di Trieste (responsabile scientifico A. ZANFERRARI; rilevatori R. AVIGLIANO, G. MONEGATO, G. PAIERO, E. POLI, F. PODDA, M. PONTON, S. RUSSO, G. TOFFOLON, G. TUNIS, A. ZANFERRARI).

Quest'ultima struttura sta realizzando, sempre in collaborazione con l'Università di Udine, la “Carta geologico-tecnica e geologico-formazionale” (CGT) dell'intero territorio regionale alla scala 1:5 000 (responsabile scientifico F. CUCCHI; rilevatori A. AFFATATO, L. ANDRIAN, S. BENSI, A. BRATUS, G. BURELLI, G. CASAGRANDE, S. CLEVA, S. DEVOTO, E. FORTE, S. FURLANI, F. KRANTZ, L. MAROCCO, P. MARSICH, A. MEREU, S. OBERTI DI VALNERA, C. PIANO, V. RONDI, A. ROSSI, S. RUSSO, M. VALENT, S. ZANOLLA, L. ZINI). Di essa sono stati completati, a tutt'oggi, i fogli “088 Gorizia”, “110 Trieste”, “131 Caresana”, “109 Grado”, “067 Cividale del Friuli” e parte dei fogli “108 Lignano Sabbiadoro” e “087 Palmanova”. Alcune delle informazioni ivi contenute e relative ai depositi della pianura, sono state utilizzate per la presente Carta, fatte le opportune semplificazioni ed accorpamenti stante la notevole differenza di scala dei due documenti.

Fatta eccezione per il foglio “031 Ampezzo”, affidato all'Università di Bologna dall'allora Servizio Geologico Nazionale, ora APAT, tutti gli ultimi documenti geologici citati sono stati, e sono tuttora, finanziati per conto dell'APAT stessa dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Servizio Geologico della Direzione Generale Ambiente e Lavori pubblici, in un ampio programma di aggiornamento della cartografia geologica del suo territorio.

Quest'ultimo Ente ha finanziato anche la “Carta del sottosuolo della pianura friulana” di NICOLICH *et al.* (2004) dalla quale sono stati tratti gli spezzoni di sottosuolo delle sezioni geologiche rappresentate in questa Carta, le isopache dei depositi quaternari

della pianura friulana nonché alcune delle stratigrafie dei pozzi perforati nella regione ed illustrati nelle pagine seguenti.

4 - Documenti di base utilizzati per la realizzazione della Carta geologica

Accanto alla citata cartografia geologica ufficiale del territorio regionale esiste una corposa cartografia di settore prodotta per lo più dagli Enti di ricerca (in particolare le Università di Bologna, Ferrara, Milano, Padova, Trieste e Udine) che si sono interessati ad esso.

Infatti, la letteratura geologica relativa al Friuli Venezia Giulia è amplissima, se GORTANI (1960) riporta oltre 3.500 voci per il solo Friuli, a partire dalla fine dell'800. Si consideri poi che da quella data di pubblicazione ad oggi un forte impulso alle ricerche di Scienze della Terra è stato dato, oltre che dal progresso delle conoscenze, dalla necessità di conoscere il territorio, specie se colpito da tragici eventi calamitosi (frana del Vajont del '63, alluvione del '66 e successive con frequenze quasi annuali, terremoti del '76,...). Si può così affermare che, a tutt'oggi, la bibliografia geologica sul territorio regionale asomma sicuramente ad oltre 10.000 voci.

A molti di questi lavori scientifici sono allegate carte geologiche, a scale diverse, relative a porzioni di territorio di estensione varia, ma per lo più limitata. Solo alcune carte rivestono un significato ampio, interessando porzioni estese e significative del territorio regionale. Tra queste, prodotte fra i primi anni '60 e la fine degli anni '90 (inizio dei progetti di cartografia regionale CARG e CGT) ed utili ai fini della realizzazione della presente Carta, si devono ricordare:

- “Carta geologica della regione compresa tra il T. Iudrio ed il F. Timavo” alla scala 1:35 000, di MARTINIS (1962);
- “Carta geologica delle Alpi Carniche e Giulie occidentali” alla scala 1:100 000, a cura di SELLI (1963);
- “Carta geologica del Permo-Carbonifero Pontebbano” alla scala 1:20 000, di SELLI (1963b);
- “Carta geologico-tecnica” in 12 tavole alla scala 1:100 000, a cura dell'Ufficio Geologico dell'Assessorato dei Lavori Pubblici della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (1970);
- “Schema geologico delle Alpi e Prealpi Carniche e Giuliane” alla scala di circa 1:400 000 di MARTINIS (1971);
- “Schemi litologici” delle unità orografiche regionali, alle scale fra 1:200 000 ed 1:400 000, di CARULLI (1971);
- “Carta geologica semplificata della Regione Friuli-Venezia Giulia” di CAVALLIN & MARTINIS (1977), primo documento rappresentativo dell'intero territorio regionale, a scala molto piccola (1:400 000), che segue di poco quello pubblicato in AMATO *et al.* (1976) a scala ancor minore;
- “Carta geologica dell'area maggiormente colpita dal terremoto friulano del 1976” alla scala 1:50 000, a cura di MARTINIS (1977);
- “Carta tettonica delle Alpi Meridionali” alla scala 1:200 000, a cura di CASTELLARIN (1981);
- “Carta litologica della provincia di Pordenone” alla scala 1:25 000, di FOGATO *et al.* (1981);
- “Carta pedologica della pianura friulana e del connesso anfiteatro morenico del Tagliamento” alla scala 1:50 000, di COMEL *et al.* (1982);
- “Cartografia geologica tematica del territorio provinciale - Provincia di Udine” alla scala 1:50 000, di BROILI *et al.* (1983);
- “Orizzonti guida del Flysch del Friuli orientale” alla scala 1:

200.000 di TUNIS & VENTURINI (1984);

- “*Carta geomorfologica della Pianura friulana*” alla scala 1: 100 000 di CAVALLIN *et al.* (1987);
- “*Carta geologica dell’area tra il T. Chiarzò e il F. Fella (Alpi Carniche)*” alla scala 1:20 000, di CARULLI *et al.* (1987);
- “*Carta sedimentologica dell’Adriatico settentrionale*” alla scala 1: 250 000, di BRAMBATI *et al.* (1988);
- “*Carta geologica del territorio friulano compreso tra il Torrente Arzino ed il Torrente Meduna*” alla scala 1: 25 000, di ROSSI *et al.* (1988);
- “*Schema geologico delle Prealpi Giulie meridionali*” alla scala 1: 100 000, di VENTURINI & TUNIS (1988);
- “*Carta geologica delle Alpi Carniche centro-orientali*” alla scala 1: 20 000, di VENTURINI (1990);
- “*Carta geologica delle valli Vajont e Gallina*” alla scala 1: 25 000, di BESIO & SEMENZA (in RIVA *et al.*, 1990);
- “*Schema stratigrafico e tettonico del Carso isontino*” alla scala 1: 62 500, di TENTOR *et al.*, (1994);
- “*Carta geomorfologica della Pianura padana*” alla scala 1:100 000, di CASTIGLIONI *et al.* (1997);
- “*Schema geologico delle valli del Natisone*” alla scala 1:50 000, di TUNIS & VENTURINI (1997);
- “*Carta geologica delle Prealpi Carniche*” alla scala 1:50 000, di CARULLI *et al.* (2000);
- “*Carta geomorfologica e strutturale del Carso triestino*” alla scala 1: 50 000, di CUCCHI & ZINI (2002);
- “*Carta geologica delle Alpi Carniche*” alla scala 1: 25 000, di VENTURINI (2002);
- “*Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia. 1. Pianura e colline del pordenonese*” alla scala 1:100 000, di MICHELUTTI *et al.* (2003),

nonché, per fare solo alcuni esempi, le carte geologiche allegate ai lavori di SGOBINO *et al.* (1983), MAROCCO (1995) e GORDINI *et al.* (2003) relative rispettivamente al Gemonese, alle lagune di Marano e di Grado ed alla parte settentrionale del Golfo di Trieste.

E’ da citare, ancora, il corposo lavoro di COUSIN (1981) sull’intero settore prealpino regionale, anche se privo di una carta geologica di sintesi, ma ricchissimo di schemi, di precise indicazioni stratigrafiche e strutturali e di preziose sezioni geologiche di dettaglio.

Si ricordano infine le carte allegate alle tesi di laurea inedite di ALBORGHETTI (1975), BEANO (1974), BERNT (1976), BOSCHIAN (1985), CANE (1996), COMICI (1990), CRUPI (2001), FATTOREL (1996), FERRARI (1990), FUSETTI (1997), GAROFALO (1985), LOSS (1998), MAURO (1996), MENEGAZZI (1976), MEREU (2000), MICALLI (1981), MUSCO (1986), NOACCO (1987), PARONUZZI (1982), PASCOLO (1994), PERUZ (1999), PIANO (1997), PITTINO (1992), POLONIA (1990), PONTON (1984), PRODAN (2002), RIULINI (1999), ROMEO (1996), ROTA (1987), SCAREL (1988), SERAVALLI (1991), SIMONETTI (1992), TONELLI (2001), TORRESIN (1999), TURCO (1985), VENIER (1995), ZIRALDO (1974), ZOTTI (1979) e alle tesi inedite di dottorato di ricerca di COZZI (1999), PERNARCIC (2001) e PODDA (1998), svolte per la massima parte presso il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, un tempo Istituto di Geologia e Paleontologia, dell’Università di Trieste.

Di grande utilità si sono rivelate poi, per la verifica della continuità delle unità stratigrafiche e delle strutture tettoniche al di fuori dei limiti regionali, le carte geologiche dei territori confinanti:

- ad occidente, la *Carta geologica del Veneto*, alla scala 1:250 000 (ANTONELLI *et al.*, 1990) e la *Carta geomorfologica della provincia di Venezia* (BONDESAN & MENEGHEL, 2004) alla scala 1:50 000;
- a settentrione i fogli della Geologische Karte der Republik Österreich redatti dal Geologische Bundesanstalt alla scala 1: 50 000: 197 *Kötschach* (BREUNINGER *et al.*, 1985); 198 *Weißbriach* (BÄR *et al.*, 1987); 199 *Hermagor* (AUERBAUER *et al.*, 1989); 200 *Arnoldstein* (ANDERLE, 1977);
- ad oriente i fogli del territorio sloveno confinante pubblicati dallo Zvezni geološki zavod dell’allora Repubblica Jugoslava alla scala 1:100 000: *Trst* (PLENIČAR *et al.*, 1969; 1973); *Gorica* (BUSER, 1968); *Tolmin in Videm* (BUSER, 1987); *Beljak in Ponteba* (JURKOVŠEK *et al.*, 1987), la *Geološka Karta* alla scala 1:500 000 pubblicata nel 2000 dal Geodetski Zavod Slovenije, la *Strukturno-tektonska karta Slovenije* alla scala 1:250 000 (POLJAK, 2000) e la *Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote* (JURKOVŠEK *et al.*, 1996) pubblicata alla scala 1: 50 000 dal Geološki Zavod di Ljubljana.

Per completezza di informazione si ricorda, infine, che la geologia dell’intero Friuli Venezia Giulia è stata rappresentata anche nel *Modello sismotettonico dell’Italia nord-orientale* (SLEJKO *et al.*, 1987) alla scala 1:500 000, ma in termini molto sintetici date le finalità espresse nel titolo, nonchè nello *Structural Model of Italy*, edito dal Progetto Finalizzato “Geodinamica” del C.N.R. in 6 fogli coprenti l’intero territorio nazionale, ma con un dettaglio limitato conseguente alla scala 1:500 000. La bella carta consente comunque di apprezzare la geologia della regione nel contesto dell’intera catena alpina e della terminazione nord-occidentale di quella dinarica (fig.5).

I documenti sopra citati, talora integrati e modificati, comunque omogeneizzati ed adattati ai fini della legenda e della scala, sono serviti come fonti per la stesura della presente Carta geologica: essi sono riportati nell’allegato elenco bibliografico nonchè, se di maggior rilevanza regionale, nella pianta di riferimento al piede della legenda della Carta stessa.

Alla completezza ed all’aggiornamento della Carta, degli schemi al contorno e delle presenti Note hanno infine contribuito i dati, spesso inediti, di F. PODDA, C. VENTURINI, A. ZANFERRARI e di G. CATANI, F. CUCCHI, B. DELLA VEDOVA, R. MAROCCO, D. MASETTI, G. MONEGATO, R. NICOLICH, G. PAIERO, C. PIANO, M. PONTON, D. SLEJKO, G. TUNIS, C. ZANOLLA e L. ZINI che qui si ringraziano.¹

5 - Caratteri geografici e geomorfologici

La Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, posta all’estremo nord-orientale del territorio nazionale, si estende entro i seguenti limiti geografici:

- in latitudine fra i 45° 35’ N (punto a E del valico italo-sloveno di Rabuiese) ed i 46° 39’ N (M. Fleòns, a N di Forni Avoltri)
- in longitudine fra i 12° 20’ E (forra del T. Vajont) ed i 13° 55’ E (M. Goli, sul Carso triestino).

La superficie² è di 7856,48 km², pari al 2,67 % del territorio nazionale, il che la colloca al 17° posto nella graduatoria in estensione fra le regioni italiane, precedendo solamente la Liguria, il Molise e la Valle d’Aosta.

La distribuzione per fasce altimetriche vede il 42,5 % del

¹ Si ringrazia anche, per la collaborazione prestata a vario titolo: A. Cozzi; F. Forti; G. Franceschini; G. Massari; L. Simonetto e G. Muscio (Museo Friulano di Storia Naturale); F. Console e F. Galluzzo (APAT); B. Ogorelec e B. Jurkovšek (Geološki Zavod Slovenije); I. Velić (Hrvatski Geološki Institut); D. Sartorio (Eni E&P) e L. Andrian, S. Bensi, A. Brambati, C. Calligaris, S. Devoto, F. Fanucci, E. Forte, R. Galdiolo, D. Morelli, T. Quaia, R. Romano e V. Rondi (Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell’Università di Trieste).

² Situazione al 21 ottobre 2001, dal sito web della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia <http://www.regione.fvg.it/istituzionale/cifre>

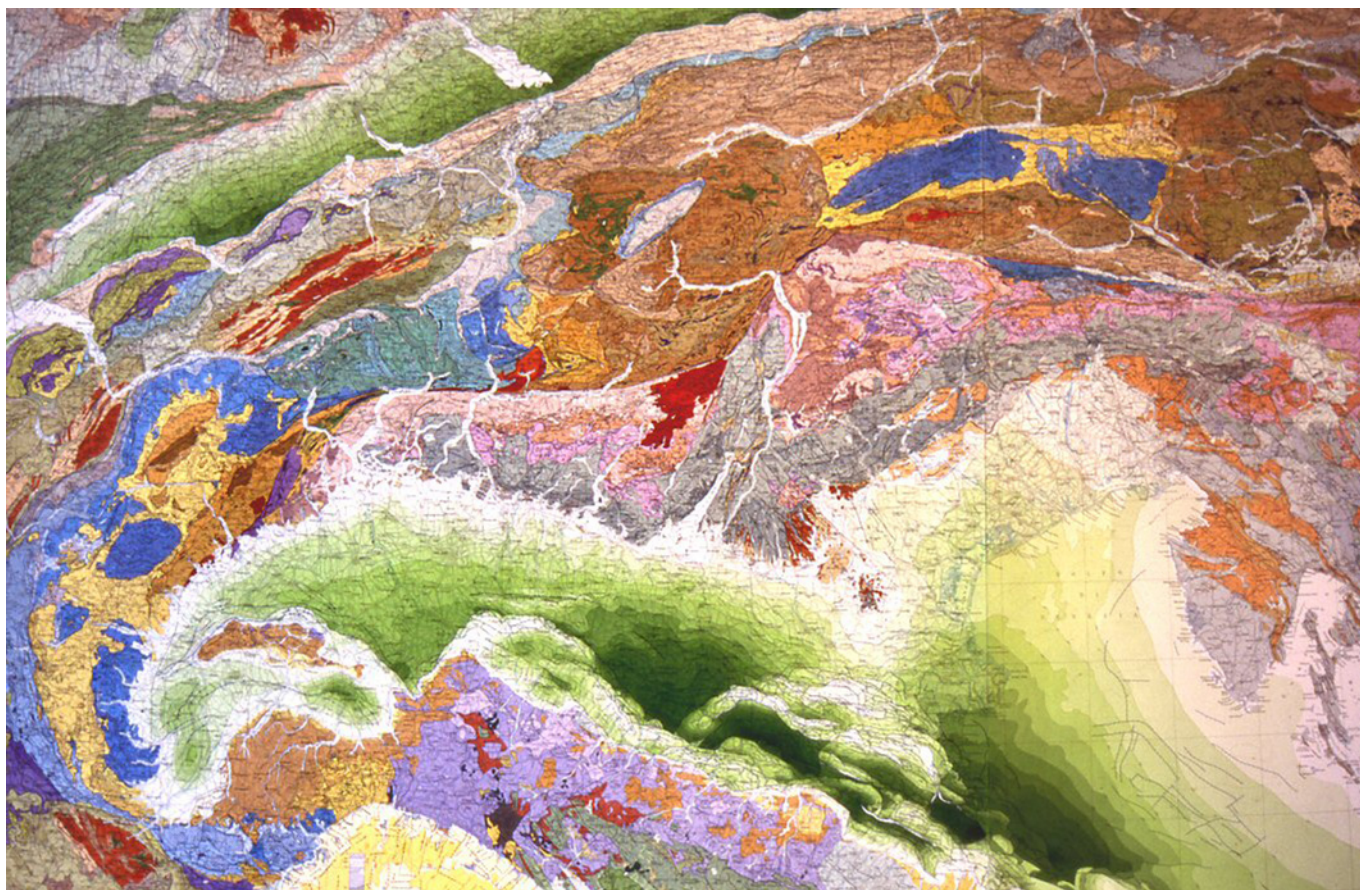


fig. 5 - La geologia della catena alpina (da: *Structural Model of Italy*, 1982).

territorio occupato dalla zona altimetrica montana, il 19,3 % dalla fascia collinare e il 38,2 % dalla pianura. La massima quota, 2878 m, è raggiunta dal M. Coglians (Hohewarte) al confine italo-austriaco mentre la minima, -1,3 m, si rinviene in corrispondenza di una depressione della Bassa Pianura friulana prospiciente la laguna. In realtà la quota minima assoluta, seppur dovuta a cause antropiche, raggiunge i -16 m rispetto al livello del mare, corrispondenti al fondo di una cava al limite fra Alta e Bassa Pianura. Detta quota, ovviamente, non è oggi percepibile a vista in quanto coperta dalle acque della falda freatica sotterranea più prossima alla superficie.

Il territorio regionale è stato distinto (MARINELLI, 1888) in unità orografiche aventi ciascuna una propria individualità geografica e geologica. Esse, procedendo da N a S e da W a E, sono (fig.6):

1) la Catena Carnica o Paleocarnica, estesa in senso E-W, sviluppata dalla “linea della Gail”, segmento del “Lineamento Periadriatico” in territorio austriaco, fino all’allineamento rettilineo delle valli Pesarina, Calda, Pontaiiba, Pontebbana, alto Fella. Esse, impostate su linee tettoniche, sono un’evidente espressione morfologica che collega, da occidente ad oriente, il Cadore con il Tarvisiano. La Catena Paleocarnica è costituita quasi esclusivamente da terreni paleozoici;

2) le Alpi Carniche Meridionali (o Alpi Tolmezzine) più a S della precedente, fino all’alto corso del Tagliamento (fig. 7). Sono costituite da terreni mesozoici, con prevalenza di quelli medio-triassici, che si innalzano su una base permo-triassica affiorante sul fondo delle principali valli, o canali, a seguito dell’erosione glaciale e fluviale operata in loro corrispondenza;

3) le Alpi Giulie, ad E delle precedenti, dalle quali sono separate dal basso corso del T. Fella, e a S della Catena Paleocarnica fino alla Val Resia, impostata sull’omonima linea tettonica. Sono

il dominio di prevalenti rocce triassiche con particolare sviluppo delle piattaforme carbonatiche ladino-carniche e noriche;

4) le Prealpi Carniche, sviluppate a S del percorso montano del Tagliamento fino ai rilievi che si affacciano sull’alta Pianura friulana occidentale. Sono dominanti le rocce mesozoiche e cenozoiche fino ai depositi miocenici di molassa affioranti solo in questa unità orografica;



fig. 6 - Le unità orografiche del Friuli Venezia Giulia.



fig. 7 - Il gruppo del M. Amariana in prevalente dolomia norica, con l'imponente conoide dei Rivoli Bianchi al piede, è posto alla terminazione sud-orientale delle Alpi Tolmezzine.

5) le Prealpi Giulie (fig. 8), prosecuzione orientale delle precedenti, ma con successioni mesozoiche non sempre simili, maggior sviluppo delle unità silicoclastiche eoceniche ed assenza dei depositi di molassa neogenica;

6) l'Anfiteatro glaciale o tilaventino (dal nome romano del Tagliamento), allo sbocco in pianura del maggior fiume regionale, formato, nelle sue espressioni più superficiali, dai depositi derivanti dall'avanzata e successivo ritiro del grande ghiacciaio würmiano;

7) la Pianura Friulana, prosecuzione orientale di quella veneta, estesa dal piede dei rilievi prealpini fino alla linea di costa dell'Adriatico. E' divisa in Alta e Bassa Pianura dalla "linea delle risorgive" (o dei fontanili) che, con l'affiorare della falda freatica più superficiale, marca la separazione fra i depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi e quindi permeabili, sviluppati a settentrione, da quelli più meridionali sabbioso-limosi e limoso-argillosi, meno permeabili.

8) il Carso, marcato dal basso corso del F. Isonzo al suo margine N-occidentale ed esteso ad oriente fino alla costiera triestina-monfalconese ed al confine italo-sloveno (talora distinto dalla struttura del M. Ermada in Carso Goriziano, o monfalconese, e Carso triestino). I limiti del Carso entro il territorio nazionale sono la porzione minore della sua area di competenza geografica e geologica, il Carso classico, che si sviluppa per la maggior parte in territorio sloveno, giungendo fino alla valle del Vipacco ed ai rilievi di Brkini. E' costituito esclusivamente da calcari di piattaforma cretaci e paleocenici con lembi di copertura di flysch eocenico.



fig. 8 - La catena del Gran Monte, in prevalenti dolomie noriche, si erge come quinta subverticale sui colli flyschoidi eocenici che marciano il limite fra Prealpi Giulie ed Alta Pianura friulana orientale.

6 - Inquadramento geologico

Nella regione si saldano tre catene montuose: la Catena Paleocarnica, la porzione orientale di quella Sudalpina (o Alpi Meridionali) e quella Nord-occidentale delle Dinaridi Esterne. Ciascuna di esse è l'espressione di orogeni diversi che hanno avuto origine ed evoluzione in differenti intervalli temporali.

La Catena Paleocarnica non metamorfica si è strutturata nell'orogenesi ercinica (terminata nel Carbonifero sup.) ed è qui molto ben conservata perché riesumata e riattivata nella successiva orogenesi alpina (responsabile delle altre due catene) che, pur avendo fortemente sovrainpresso gli effetti della sua tettonica, ha realizzato l'innalzamento dell'infrastruttura paleozoica (pre- e post-ercinica) consentendo la lettura e la ricostruzione della sua antica e complessa storia geologica. E' una catena allungata in senso longitudinale per circa 120 km, dal Comelico alle Caravanche, e profonda, in senso meridiano, da 5 a 15 km estendendosi dalla valle della Gail (impostata sul "lineamento periadriatico o insubrico", in territorio austriaco) fino al citato allineamento longitudinale delle valli parimenti impostate su linee tettoniche. La Catena Paleocarnica presenta una tipica doppia vergenza asimmetrica (vedi sezioni geologiche B-B' e C-C'), ridotta e verso N nella sua porzione settentrionale, più estesa e verso S in quella meridionale.

La Catena Sudalpina e quella Dinarica hanno avuto origine pressoché comune dal paleomargine africano affacciato sul bordo meridionale dell'Oceano Tetideo, passivo fino al Giurassico, ma evoluzione successiva diversa; precoce per l'orogene dinarico che vede la massima strutturazione nell'Oligocene, più tardiva per la porzione orientale della catena Sudalpina. Essa infatti si è sviluppata specie nella fase neo-alpina, cioè dal Miocene sup. ad oggi, come manifestato sia dalle evidenze neo-tettoniche (ZANFERRARI *et al.*, 1982) sia dalla sua intensa storia sismica. La Catena Sudalpina è per massima parte tipicamente S-vergente e si estende in affioramento dal limite meridionale della Catena Paleocarnica fino ai rilievi collinari prealpini che bordano l'alta pianura. Questa in realtà ne maschera la continuazione, e l'attività di deformazione e sollevamento, sotto i depositi quaternari che ne lambiscono i piedi.

Della Catena Dinarica rientra nel territorio regionale l'estremo Nord-occidentale delle Dinaridi Esterne che trovano la loro maggiore espressione geografica e morfologica nel Carso nonché nei colli del Friuli orientale, tutti rilievi orientati secondo la tipica direzione NW-SE con vergenza verso SW, in continuità con quella della costa dalmata e delle sue isole. In realtà le strutture dinariche, o perlomeno la ripresa di esse sotto gli effetti delle spinte neo-alpine, si riscontrano fino nella Carnia Nord-occidentale e nel Bellunese, se non oltre (DOGLIONI & BOSELLINI, 1987).

Nei rilievi regionali affiora una successione di terreni potente quasi 30.000 m (se impilata idealmente in continuità, prescindendo dai disturbi tettonici) rappresentativa di oltre 450 milioni di anni. Essa infatti abbraccia l'intero intervallo cronostratigrafico dalla base dell'Ordoviciano sup. (Caradociano) all'Attuale senza soluzione di continuità. Sono attribuiti all'intervallo Pliocene-Pleistocene sup. (F^o Udine del CARG-Friuli) i conglomerati continentali affioranti nei rilievi isolati, di grande significato geodinamico, del colle di Udine, di Pasian di Prato, Buttrio, Pozzuolo, Orgnano, Variano e Carpenedo.

Dal punto di vista litologico la successione regionale (affiorante o riscontrata nelle perforazioni profonde) è costituita per la massima parte da rocce sedimentarie, carbonatiche in particolare, essendo quelle magmatiche limitate ad episodi vulcanici e vulcanoclastici paleo- e mesozoici e quelle metamorfiche ad una

ristretta fascia di affioramenti nelle Alpi Carniche occidentali. Nelle grandi linee la successione dei terreni, prescindendo dai disturbi tettonici che la accavallano più volte creando diverse unità tettoniche, si estende in fasce longitudinali via via più recenti mano a mano che dal confine italo-austriaco si procede verso S.

7 - Le unità litostratigrafiche

Vengono descritte di seguito, con maggior dettaglio di quanto riportato nella legenda, le unità rappresentate, a partire dalla più antica. Ciascuna di esse è preceduta dallo stesso numero che le contraddistingue nella legenda, nei corrispondenti areali rappresentati sulla carta nonché nello schema dei rapporti stratigrafici. Ad esso si rimanda per una miglior comprensione delle relazioni, specie quelle laterali, fra unità coeve ma deposti in ambienti diversi, specie se di piattaforma (mare sottile o poco profondo) o di bacino (mare più profondo o aperto verso il bacino). Delle unità litostratigrafiche vengono descritte non solo le litologie dominanti ma anche gli ambienti deposizionali, dei quali si tende a dare un significato evolutivo, nel tempo. Talora vengono citate le aree di loro maggior diffusione ed esempi di affioramenti tipici, corredati da alcune fotografie³ di esposizioni particolarmente significative.

I riferimenti alle formazioni geologiche sono talvolta plurimi in quanto vengono riportate sia le antiche denominazioni, spesso informali ma più note nella letteratura passata, sia quelle più recenti, oggetto di proposta formale o di definitiva validazione. Esse sono riportate in maiuscolo (*Fm*) se validate, in minuscolo (*fm*) se informali, non riconosciute ancora dalla Commissione Italiana di Stratigrafia. Per alcune delle formazioni si dà una sintetica spiegazione del nome che trova origine per lo più dalla località tipo ove sono state istituite in quanto ivi ben affioranti nella loro completezza stratigrafica di rapporti con le unità di letto e di tetto. Per esigenze di spazio e comodità di scrittura qui, come nella legenda, si è ricorsi ad abbreviazioni nella descrizione degli spessori degli strati, per cui: dam= decametri; m = metri; dm = decimetri; cm = centimetri; mm = millimetri.

Per maggiori informazioni sulle unità descritte si rimanda ai lavori citati relativi alle aree in cui esse affiorano e, più in generale, ai capitoli “Stratigrafia” e “Tettonica” di VAI *et al.* (2002) con relativa bibliografia. Da essi sono tratte, in parte, le descrizioni che seguono, opera di vari Autori ed in particolare: POLI e ZANFERRARI per il basamento ercinico metamorfico; VAI, SPALLETTA e PONDRELLI per la sequenza ercinica paleozoica; VENTURINI C. per le sequenze permo-carbonifere e permo-anisiche; PONTON per la successione ladino-retica; VENTURINI S. e TUNIS per la sequenza giurassico-paleogenica; GRANDESSO, STEFANI e TUNIS per quella neogenica e MAROCCO, VENTURINI C. e PARONUZZI per i depositi quaternari. Per le formazioni paleozoiche e per quelle mesozoiche ci si è avvalsi altresì delle descrizioni contenute rispettivamente nelle legende delle carte geologiche di VENTURINI (2002) e di CARULLI *et al.* con Note illustrative (2000).

7.1 - Basamento ercinico metamorfico della Catena Paleocarnica occidentale

E' la prosecuzione del Basamento cristallino delle Dolomiti (su cui si sviluppa la potente successione permo-mesozoica) ben affiorante nel Comelico, nella Val Pusteria e nell'Agordino, per citare esempi relativamente vicini all'area carnica. Esso rappre-

senta la terminazione orientale della catena ercinica a falde metamorfiche delle Alpi Meridionali (ZANFERRARI & POLI, 1994).

Il Basamento occupa una limitata porzione all'estremo Nord-occidentale del territorio regionale. Si estende a NW della “linea della Val Bordaglia” in fascia stretta ed allungata che, attraverso la Val Visdende, giunge a Dobbiaco e, verso N, all'Austria ove è interrotta nella valle della Gail dal “Lineamento Periadriatico”, interessando così tutto il versante meridionale delle Alpi Carniche occidentali.

1 - Le successioni sono costituite da metamorfiti in facies degli scisti verdi di basso grado che formano la falda di Cima Vallona (a). Nell'orogenesi ercinica essa si è accavallata sulla più meridionale falda del M. Cavallino (b), affiorante a S e soprattutto ad occidente dei limiti regionali.

a) Nella falda superiore sono largamente presenti metagrovacche da fini a grossolane con prevalenti clasti di vulcaniti basiche ed acide e subordinati ciottoli di liditi e quarziti. La colorazione dominante è verdastra con fiamme di colore violaceo e rari ciottolotti di quarzo rosso vivo per impregnazioni di ematite (*fm. di Fleòns*, dal nome della stretta a N di Forni Avoltri). In essa sono intercalati corpi conglomeratici a clasti allungati anche grossolani di quarziti e metabasiti (*metaconglomerati di Cima Vallona*, monte a N di S. Stefano di Cadore). Queste litologie sono intercalate e poi sostituite da metapeliti prevalenti e da metapsammiti cloritico-sericitiche di color grigio verdastro (*fm. della Val Visdende*, dall'omonima valle cadorina), che specie nel versante austriaco presentano sottili livelli di metabasalti alcalini sottomarini e associate metavulcanoclastiti (scisti verdi cloritico-attinolitici-carbonatici) e di marmi nodulari chiari a rilature pelitiche brune o verdastre.

I protoliti sono attribuiti dubitativamente all'**Ordoviciano pp. - Devoniano pp.** e sono ricondotti a un ambiente di deposizione sottomarino da neritico (delta-conoidi e piattaforme ter-rigene con apporti da aree con metamorfiti e vulcaniti) a quello di scarpata, fino a bacinale con modeste manifestazioni vulcaniche, e deposizione di sottili livelli carbonatici. Alcuni Autori (VAI & COCOZZA, 1986) interpretano queste formazioni per somiglianza litologica come equivalenti metamorfici delle *Fm. i del Hochwipfel e del Dimon*.

b) Queste successioni si accavallano tettonicamente verso S su quelle silurico-devoniche di piattaforma carbonatica (gruppo Peralba-Avanza) che poggiano su un orizzonte di transizione di sottili marmi scuri e calcescisti e quindi, a loro volta, su filladi cloritico-sericitiche nerastre e metapsammiti grigio verdastre. I carbonati sono dati da metacalcari massicci (dai quali si estrae il noto e delicato marmo “Fior di pesco carnico”) e da metacalcari dolomitici listati o nodulari rossi, giallastri, bruni o verdastri, con passaggio a marmi massicci biancastri o grigio chiari. L'età va dal **Siluriano pp.** al **Devoniano medio-superiore**.

7.2 - Successione ercinica non metamorfica della Catena Paleocarnica

Affiora nelle Alpi Carniche centrali ed orientali ed è costituita da rocce non metamorfiche, o al massimo anchimetamorfiche, deposti in un intervallo di tempo che va dal Caradociano (**Ordoviciano medio-sup.**) al Westfaliano (**Carbonifero sup.**) per uno spessore complessivo di circa 5.000 m. Assieme alla successione tardo-ercinica descritta più avanti rappresenta una delle successioni più classiche del Paleozoico europeo sia per

³ Le fotografie sono dell'autore.

completezza che per contenuto paleontologico e pertanto è da tempo oggetto di studi (per approfondimenti vedi VAI 1998; VENTURINI & SPALLETTA, 1998, ed un interessante libro divulgativo curato da VENTURINI nel 1983).

2a - I terreni più antichi della regione, documentati paleontologicamente, sono rappresentati dalle rocce della *Fm. dell'Uqua* (o Uggwa, rio a monte di Ugovizza): si tratta di siltiti ed arenarie quarzose prevalenti in strati cm-dm, di colore grigio-verdastro, talora con intercalazioni di conglomerati e calcareniti cui seguono limitati spessori di calcari micritici nodulari con rilegature argillitiche ocracee e calcareniti molto fossilifere. Questi sedimenti si sono depositi in un ambiente sublitorale ricco di briozoi, brachiopodi, cistoidi, conodonti, crinoidi e trilobiti. In affioramenti limitati per estensione e potenza (poche decine di m) e dispersi a livello per lo più di scaglie tettoniche, sono stati attribuiti al Caradociano-Ashgilliano (**Ordoviciano sup.**). Famosa è la serie ordoviciano, con il passaggio a quella siluriana, del Costone Lambertenghi al Passo Volaja.

2b - Sono qui riunite tutte le unità stratigrafiche attribuite al **Siluriano**, con il quale inizia una tendenza trasgressiva del mare causata anche dallo scioglimento della calotta glaciale sahariana. A partire dal Llandoveryano nelle parti più profonde del bacino si depositano argilliti a graptoliti e radiolariti da grigio scure a nere, talora in facies epimetamorfica (*Fm. della Bischofalm*). Sugli alti strutturali relativi seguono, nel Wenlockiano-Ludloviano, calcari micritici nodulari e ferruginosi rossastri ad ammonoidi svolti (*Orthoceratidi*) alternati a rare biospatiti (*Calcari ad Orthoceras*, *Fm. del Cocco*). A queste formazioni, in accordo con l'inizio della regressione, seguono o si affiancano unità varie di piattaforma mista, ricche in fossili, in facies condensate da neritiche (come le *marne a Trilobiti* e il *livello a Cardiola*, orizzonte guida del Ludloviano basso, e gli *strati a Megaerella*, sedimenti di mare sottile del Pridoliano con il quale si chiude il periodo Siluriano) a pelagiche (*Calcari pelagici a tentaculiti*). La successione del Siluriano della Catena Carnica è ben esposta sul versante austriaco della Creta di Collinetta (Cellon), immediatamente ad occidente del Passo di M.te Croce Carnico, ove ha consentito la calibratura delle biozone di graptoliti e conodonti (fig. 9).

3a - La regressione marina tardo-siluriana trova il suo apice nel **Devoniano inf.** con l'impostazione delle prime piattaforme carbonatiche di mare basso che avranno massimo sviluppo nel **Devoniano medio**. Si individuano così vere e proprie scogliere



fig. 9 - Il versante settentrionale della Creta di Collinetta. Dalla base alla cima affiorano, in continuità stratigrafica, la *Fm. dell'Uqua*, le unità siluriane e parte di quelle devoniane.

coralline, persistenti fino al Frasniano, raggiungendo una potenza complessiva di 1200 m. Si formano calcari massicci grigio chiari in banchi metrici, calcari algali, globalmente noti come *Calcari del M. Coglians*, al cui interno sono riconoscibili i diversi ambienti di scogliera e diverse età (*calcari a Pentamerus*, *a Stringocephalus*, *a Phillipsastrea*, *ad Amphipora*). I calcari di scogliera sono caratterizzati da una ricchissima fauna di organismi costruttori e non (tetracoralli, stromatopori, tabulati, crinoidi, celenterati,...) a seconda degli ambienti in cui essi vivevano. La scogliera devoniana, trova uno splendido esempio fossile, fra i meglio conservati al mondo, nel gruppo del M. Coglians-Chianevate (fig.10) e si estende dal M. Volaja al M. Cavallo di Pontebba.



fig. 10 - La chiara scogliera devoniana del gruppo del M. Coglians-Creta delle Chianevate si erge come quinta di sfondo sulle scure torbidity carbonifere inglobanti corpi vulcanici (*Fm. del Dimòn*) della cresta prativa Crostis-Zoufplan.

3b - Nel **Devoniano**, attorno alle piattaforme si sviluppano aree di mare più profondo con la sedimentazione di depositi carbonatici in facies pelagica fino ai più lontani depositi francamente bacinali. Queste condizioni persisteranno fino al **Carbonifero inf.** ed oltre, anche se con significato sedimentologico diverso, e saranno innescate, esasperate e controllate da una fase tettonica distensiva che porterà alla frammentazione delle piattaforme ed al loro annegamento.

Accanto ad esse, accompagnati da una fascia di raccordo con termini di transizione da prossimale a distale, si depositano rispettivamente: calcareniti e calcilutiti con banchi di lumachelle a brachiopodi (*Fm. del Pizzo Collina* del ?Pragian-Fameniano) e calcisiltiti, calcareniti e micriti da grigio scure a nere in strati dm parzialmente dolomitizzati (*Calcari dolomitici e lastroidi* del Lockoviano); biomicriti nodulari (*Calcari a tentaculiti*) in strati sottili con interstrati marnosi rosso cupo o, più di rado, gialli e grigi (*Rosso Goniaticco* del Lockoviano-Givetiano); calcareniti e calcisiltiti grigie e grigio-giallastre in strati cm-m; calcari micritici grigi, rosa e nocciola, in strati cm-dm con frequenti rilegature argillitiche ocracee (*Calcari a Goniatici e Climenie* del Frasniano-Viseano *p.p.*). Lateralmente, nelle fasce di mare ancor più profondo, si sedimentano radiolariti e argilliti silicee (liditi), di colore da grigio scuro a nero (*Fm. di Zollner*) in strati sottili da pochi dm a pochi metri che rappresentano il passaggio alla successiva unità litostratigrafica.

4a - Sopra le piattaforme carbonatiche devoniane ed ai successivi depositi di mare più profondo, si risedimentano potenti spessori di sabbie e peliti torbiditiche (fig. 11) provenienti dallo smantellamento di lontane aree emerse, accompagnate poi da

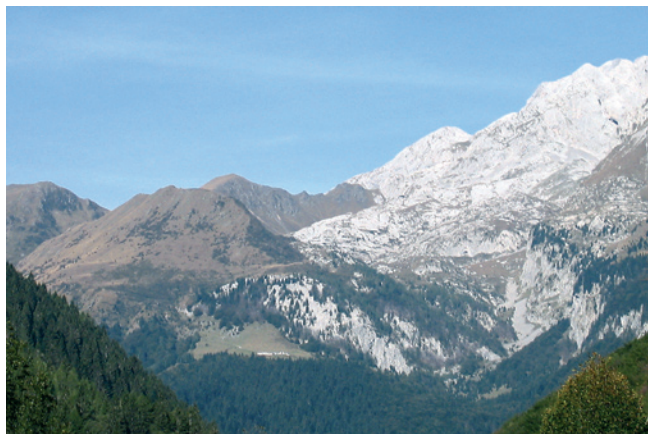


fig. 11 - Netto contrasto cromatico fra le areniti e peliti scure carbonifere della *Fm. del Hochwipfel* poggianti sui calcari chiari devoniani (versanti meridionali delle Crete di Collina e di Collinetta).

potenti effusioni vulcaniche che risalgono lungo le grandi faglie conseguenti al rifting carbonifero. Si deposita così il Flysch ercinico della Catena Paleocarnica (SPALLETTA *et al.* 1980), costituito dalle *Fm. del Hochwipfel* (cima in territorio austriaco, a NE di Paularo) e del *Dimòn* (cima a monte di Ligosullo). I loro affioramenti, un tempo sedi di pascoli alle quote medio-alte, rappresentano i depositi paleozoici più estesi della Catena Paleocarnica occupando più del 50% della sua superficie. Per questo motivo, per la diversa litologia e collocazione stratigrafica, nonché per il diverso significato geodinamico, le due formazioni e le vulcaniti associate sono state rappresentate distintamente in carta.

La *Fm. del Hochwipfel* è costituita da areniti e peliti fini grigio scure torbiditiche in strati cm-dm, localmente in facies anchimetamorfica e breccie e conglomerati a clasti radiolaritici specie alla base. Qui si rinvenivano talora grossi olistoliti ed olistotromi carbonatici derivanti dal crollo di porzioni della piattaforma devonica conseguente all'attività delle faglie distensive bordiere. Al tetto, lembi di keratofiri e relativi tufi preannunciano le più imponenti colate laviche inglobate nella successiva *Fm. del Dimòn*. Globalmente i litotipi della *Fm. del Hochwipfel* sono sterili di faune ed anche le flore sono scarse: sono comunque databili al Viseano ?medio-Bashkiriano, cioè alla parte bassa del **Carbonifero sup.**

4b - La *Fm. del Dimòn* è costituita da areniti feldispatiche in strati cm-dm, alternate alla base a peliti grigie e verdi (*arenarie di M. Terzo*), e da tipiche argilliti rosse e verdi fogliettate, anchi-



fig. 12 - Argilliti rosse e verdi, litologia dominante nella *Fm. del Dimòn*.

metamorfiche, interpretate come emipelagiti (fig. 12). La *Fm. del Dimòn* si è deposta nel Bashkiriano *s.l.* (**Carbonifero sup.**).

4c - Caratteristico della *Fm. del Dimòn*, specie della sua porzione più alta, è l'elevatissimo contenuto di vulcaniti e vulcanoclastiti inglobate a seguito di emissioni laviche sottomarine nel bacino flyschoidale. Sono prevalentemente basiche ed a caratterizzazione alcali-olivinbasaltica quali diabasi e lave basaltiche, talora a *pillow*, accompagnate da ialoclastiti, tufiti, breccie vulcaniche, e da torbiditi vulcanoclastiche sottili. Globalmente possono raggiungere lo spessore di 300 m e caratterizzano, in masse scure e rilevate (fig.10), i morbidi pendii dei rilievi della Carnia centrale. Anch'esse sono datate alla parte bassa del **Carbonifero sup.**

Alla fine della deposizione dei Flysch ercinici, complessivamente potenti oltre 2.000 m, nel Westfaliano (**Carbonifero sup.**) si assiste al completamento della strutturazione della Catena Carnica ed alla sua emersione grazie all'ultima fase compressiva dell'orogenesi ercinica.

7.3 - Successione tardo-ercinica

Costituisce il cosiddetto *Permo-Carbonifero Pontebbano* (*Nassfeld Schichten* degli Autori austriaci, o più recentemente *Supergroup di Pontebba*) affiorante nei tre settori di Forni Avoltri, Tarvisio e Pramollo (fig. 13) dove è particolarmente sviluppato, ben affiorante, in successione quasi continua e quindi maggiormente studiato (SELLI, 1963; VENTURINI, 1990, 1991, 2002).



fig. 13 - La conca di Pramollo, area dei più classici affioramenti del Permo-Carbonifero Pontebbano, dominata dal Gartnerkofel (2195 m) in Dolomia dello Sciliar.

Complessivamente si tratta di sedimenti deltizi e marini di piattaforma, ricchi di macroflore e faune, spessi oltre 2.000 m, depositi sul substrato ercinico in *graben* allungati, conseguenza di un momento di tettonica transtensiva tardo-paleozoica. Nel dominio circum-mediterraneo il *Permo-Carbonifero Pontebbano* costituisce un esempio pressoché unico di continuità della sedimentazione paleozoica post-ercinica, ricostruibile molto bene nella definizione degli ambienti e nell'evoluzione dei momenti paleogeografici grazie alle facies sedimentologiche ed all'elevato contenuto paleontologico. Si ricorda in particolare la ricchezza in varietà e dimensioni di flore palustri, perfettamente conservate, quali *Licopodiali* ed *Equisetali*, e di *Pteridosperme*, *Cordaiti* e gigantesche "felci" arboreescenti ⁴.

Il *Permo-Carbonifero Pontebbano* poggia in discordanza

⁴ Una ricchissima documentazione paleontologica è conservata a Udine, presso il Museo Friulano di Storia Naturale attualmente, purtroppo, non facilmente accessibile al pubblico.



fig. 14 - Contatto erosivo fra peliti scure e conglomerati quarzosi nella *Fm. di Meledis* del Gruppo di Pramollo (alta valle del rio Bombaso).

sul substrato ercinico spesso deformato ed è stato raggruppato nelle seguenti unità, dalla più antica alla più recente:

5a - *Fm. del Bombaso*: unità terrigena immatura spessa fino a 200 m, ove presente, costituita da conglomerati polimictici in strati dm-m alternati ad areniti litiche e peliti grigio scure e giallastre, ben stratificate, tutte derivanti dallo smantellamento dei precedenti rilievi ercinici emersi come evidenziato dall'analisi dei clasti. L'ambiente è di conoide sia subacquea che subaerea.

Seguono areniti quarzoso-micacee e peliti grigio scure con alternanze di biocalcareni ad alghe e fusuline in strati da dm a dam e conglomerati quarzosi in bancate m-dam (fig. 14) delle *Fm. di Meledis, del Pizzul, del Corona, dell'Auernig, del Carnizza*, ciascuna potenti dal centinaio a poche centinaia di m, costituenti nell'insieme il Gruppo di Pramollo (1.200 m di potenza complessiva). Rappresentano condizioni ambientali di piattaforma mista sulla quale si alternano episodi alluvionali in varia facies con ingressioni saltuarie di acque marine di modesta profondità. L'età è ascrivibile al **Carbonifero sup.**

5b - Il sovrastante Gruppo di Rattendorf, potente 450 m circa, vede l'affermazione del dominio marino, sia pur di lieve profondità, con facies carbonatiche intrabacinali quali i calcari organogeni massicci biocostruiti, le biocalcareni e biomicroti algali a foraminiferi, alternate a peliti marnose in strati dm riuniti in banchi, della *Fm. inferiore a Pseudoschwagerina*.

Un'elevata componente terrigena, testimoniata da peliti



fig. 15 - La Creta di Aip, scogliera permiana in calcari del Gruppo del Trogkofel.

grigie e rosse, areniti quarzoso-micacee in banchi e sporadici conglomerati quarzosi, caratterizza la successiva *Fm. di Val Dolce* mentre la ripresa di un ambiente di piattaforma carbonatica è confermata dai calcari massicci in banchi ricchi di alghe e foraminiferi della *Fm. superiore a Pseudoschwagerina*.

Il Gruppo del Trogkofel chiude la sequenza trasgressiva del Permo-Carbonifero Pontebbano con i depositi esclusivamente marini del **Permiano inf.** Facies massicce di scogliera sono ben rappresentate dai calcari e calcari dolomitici rosati e grigio chiari (*Calcare del Trogkofel*, di età Sakmariana-Artinskiana) della Creta di Aip (Trogkofel in lingua tedesca) isolata nel bacino di Pramollo (fig. 15), unico esempio alpino di scogliera permiana costiera. Il *Calcare di Tressdorf* (rinvenuto in clasti entro la successiva *Breccia di Tarvisio*) e il *Calcare di Coccau* (calcari biohermali grigiastri e rosati a Fusuline ed Alghe calcaree) chiudono la successione tardo-ercinica.

7.4 - Successione paleozoica post-ercinica

6a - Nel Permiano sup. sul substrato ercinico deformato e, dove presente, sul Permo-Carbonifero Pontebbano, si imposta in discordanza netta (specie nel primo caso) un generalizzato deposito continentale come si evince dal colore rosso che ne contraddistingue le diverse facies. Esso è rappresentato inizialmente dalle ruditi rossastre di conoide alluvionale in strati e bancate dm-m con clasti in prevalenza carbonatici, specie ad oriente (*Breccia di Tarvisio*, ben visibile salendo verso l'abitato di Coccau), o quarzosi ad occidente (*Conglomerato di Sesto*), a seconda se derivanti rispettivamente dal sottostante Gruppo del Trogkofel o dal substrato ercinico deformato.

Successivamente, nel Tatariano, si imposta un più generalizzato ambiente arido, steppico, di piana alluvionale, passante a condizioni di *sabkha*, privo di faune e, quasi, di flore (VENTURINI, 1986). Esso porta alla deposizione delle caratteristiche areniti fini in strati dm alternate a peliti rosse, talora con tipici noduli biancastri dovuti a fenomeni diagenetici (*caliche*), della formazione della *Arenaria di Val Gardena* (dall'omonima valle dolomitica). Potente da poche decine a poche centinaia di m essa affiora tipicamente nella Val Calda (fig. 16) e nell'alta Val Pontaiaba.

6b - Alla fine del Permiano sup. sul deserto rosso avanzato da oriente il mare che porterà alla deposizione della *Fm. a Bellerophon* (BUGGISCH & NOE, 1986): in essa sono stati di-



fig. 16 - La rossa formazione dell'*Arenaria di Val Gardena* affiorante nel tratto orientale della Val Calda.

stinti tre membri, caratterizzati da litologie diverse che, nella loro successione stratigrafica, forniscono l'evidente testimonianza della trasgressione marina con la quale si chiude il Paleozoico. Il *membro inf.*, di tipico ambiente evaporitico, è dato da gessi saccaroidi biancastri (talora rosati al contatto con le sottostanti arenarie, spesso purissimi nelle loro tipiche mm-rimiti), laminati, alternati a dolomie nerastre, spesso ad aspetto vacuolare e brecciato (*membro intermedio*, complessivamente "facies fiammazza" *Auct.*). Queste litologie sono responsabili di numerose sorgenti di note acque sulfuree (Arta Terme, Bagni di Lusnizza,...) ma anche, negativamente, di buona parte del dissesto idrogeologico della montagna carnica (fig. 17). In loro corrispondenza si sono impostati alcuni dei principali disturbi tettonici che li hanno utilizzati come orizzonti di scollamento, rendendo così difficile anche la valutazione dei loro spessori.

6c - Il membro superiore della Fm. a Bellerophon del Permiano sup. rappresenta l'affermazione definitiva del dominio marino tardo-paleozoico. Esso è testimoniato dalla facies di piattaforma carbonatica (facies "badiota" *Auct.*) dei calcari scuri frequentemente bioclastici, con foraminiferi, gasteropodi (il raro *Bellerophon*, per l'appunto), lamellibranchi e alghe, in strati dm solcati da tipiche vene di calcite bianca, talora intercalati a sottili livelli marnosi. Essi affiorano abbondantemente, per circa 100 m complessivi di spessore, alla base dei rilievi della Carnia centrale ove sono stati messi in luce dall'erosione prodotta dai maggiori corsi d'acqua (media valle del T. But, del T. Degano,...) o dall'esarazione glaciale (conche di Sauris, di Paularo,...).

7.5 - Successione mesozoica

La successione mesozoica, affiorante a meridione della Catena Paleocarnica, è quasi esclusivamente marina, anche se in facies molto diverse, con limitati episodi vulcanici, e raggiunge uno spessore complessivo di quasi 10.000 m.

Il passaggio dal Paleozoico al Mesozoico è definito su base paleontologica (come la quasi totalità dei limiti cronostratigrafici), in quanto è marcato da una pressoché totale estinzione di forme del Permiano sup. che si riducono a pochi *taxa* oligotipici nello Scitico.

Il successivo Triassico è caratterizzato dal prevalente sviluppo di piattaforme carbonatiche, accompagnate o intervallate da depositi bacinali con rare effusioni vulcaniche dovute a momenti di *rifting* crostale. Il Giurassico risente fortemente



fig. 17 - Forme di erosione calanchiva nelle rocce gessose della Fm. a Bellerophon (Val Pontalba).

dell'apertura del "Bacino ligure piemontese" che, grazie agli effetti distensivi, porta anche nelle successioni regionali alla differenziazione di alti strutturali con permanenza di condizioni di piattaforma (Piattaforma friulana) e bassi strutturali con deposizione di facies bacinali (Bacino di Belluno ad occidente e Bacino Giulio o Sloveno ad oriente; ŠMUC & GORIČAN, 2005) (fig. 18). Il Cretacico vede la ricomparsa delle piattaforme carbonatiche ma denuncia i prodromi dell'orogenesi alpina, con le prime facies di flysch mesozoici che avranno la loro massima espressione nel Cenozoico.

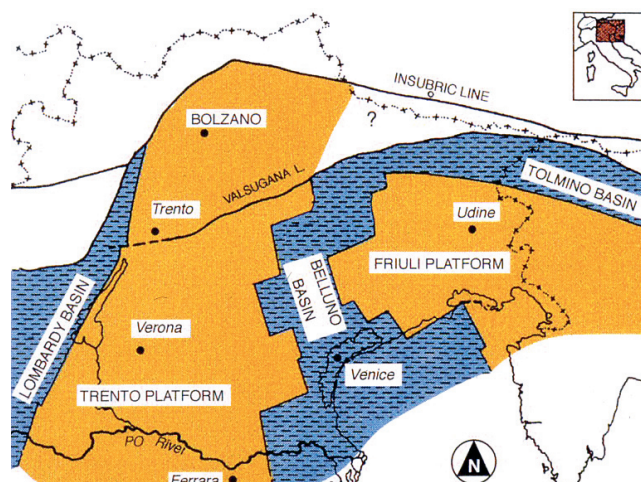


fig. 18 - Individuazione di bacini e piattaforme nella paleogeografia del Giurassico inf. delle Alpi Venete a seguito della tettonica distensiva (da MASETTI, 1996).

7 - L'inizio del Triassico, (un tempo **Scitico**, ora suddiviso nei piani Induano e sovrastante Olenekiano), è rappresentato dalla *Fm. di Werfen* (località del Salisburghese). E' un'unità stratigrafica molto potente, fino a 800 m, oltremodo diffusa nella Carnia centrale ove ne caratterizza buona parte dei dolci rilievi, anch'essi sedi di antichi pascoli (M.ti Pieltinis, Forchia, Col Gentile, Zoncolan, basi dell'Arvenis e del Tersadia,...).

Complessivamente si tratta di sedimenti di piattaforma mista caratterizzata da oscillazioni batimetriche con mare più o meno profondo, aperto o riparato, con mutevoli apporti continentali.

La variabilità delle condizioni ambientali è testimoniata dalle litologie e dalle strutture sedimentarie che hanno consentito di individuare all'interno della formazione numerose unità stratigrafiche di rango inferiore. Esse, basate sulla stratigrafia della regione dolomitica (da cui le denominazioni; BROGLIO LORIGA *et al.* 1983), iniziano con un livello oolitico (*Orizzonte di Tésero*), cui seguono calcari grigio scuri del *Membro di Mazzin*, molto simili a quelli del Permiano sup..

L'impostarsi di un momento di condizioni evaporitiche è manifestato dai calcari dolomitici marnosi, sottilmente stratificati, e da marne dell'*Orizzonte di Andraz*, dall'inconfondibile colore giallo-ocraceo, mentre i calcari micritici grigi e nocciola, laminati con lamellibranchi (tipica la *Claraia claraia*) ed intercalati orizzonti pelitici rossi (*Membro di Siusi*) denunciano un incremento degli apporti terrigeni.

Il ritorno a condizioni evaporitiche, cui seguono calcari micritici fini, peliti e peliti marnose, è manifestato dalla base dell'unità sovrastante (*Oolite a Gasteropodi*). Invece le areniti fini e peliti rosse (*Membro di Campil*) in potente e caratteristica successione che occupa quasi un terzo dello spessore dell'intera formazione, denunciano con tipici *ripple-marks* (fig. 19) notevoli apporti terrigeni in un mare basso. La successione scitica si chiude con i depositi di piattaforma carbonatica, poggianti su calcari peritidale-evaporitici, del *Membro di Val Badia* e con



fig. 19 - Caratteristici *ripple-marks* nel Membro di Campil della Fm. di Werfen (Val Chiarzò di Paularo).

le ooliti alternate a dolosiltiti, peliti varicolori e locali areniti medio-fini del Membro di Cencenighe.

8a - Con l'**Anisico** iniziano ad affermarsi condizioni generalizzate di piattaforma carbonatica di mare basso che, a più riprese, si ripresenteranno per tutto il Triassico. Un mare sottile, accompagnato da condizioni climatiche favorevoli all'evaporazione, consente la deposizione di dolomie primarie, vacuolari, breccie dolomitiche intercalate a livelli sottili di marne (*membro o fm. di Lusnizza*, dall'abitato della Val Canale) che caratterizzano diverse aree di dissesto della Carnia centrale ma anche paesaggi suggestivi, come le torri del Lander, presso Arta Terme. Segue, nell'**Anisico medio**, una successione potente fino a 300 m di dolomie e calcari dolomitici ben stratificati (*Dolomia del Serla inf. o membro dell'Arvenis*). Nel Pelsonico si imposta la prima vera scogliera triassica costituita da dolomie e calcari dolomitici grigio-biancastri, compatti, in banchi di 0,5-1 m, della *fm. del Serla Sup.* (o *Dolomia del Popera*) (fig. 20).

8b - Eventi tettonici distensivi durante la crescita della piattaforma portano al suo smembramento in alti e bassi strutturali e, nell'**Anisico sup.**, all'interruzione della sua crescita. Nelle depressioni tettoniche si formano, per lo più lateralmente alla piattaforma, depositi ruditici rossastri di ambiente fluvio-deltizio riconoscibili nel *Conglomerato di Piz da Peres* (Bitinico inf.) e nel *Conglomerato di Voltago* (o *Conglomerato del Rio Senata*) (Bitinico sup. - Pelsonico inf.).

Gli alti strutturali sono invece sottoposti ad intensa azione erosiva che da ultimo (Illirico inf.) vede la deposizione di ruditi



fig. 20 - Le bianche pareti della piattaforma anisica si alzano sui dossi prativi impostati sulla Fm. di Werfen. La cengia scura sommitale è data dalle marne rossastre bacinali delle Fm. di Dont e del M. Bivera che separano la *Dolomia del Serla sup.* dai sovrastanti *Calcari dolomitici del M. Tiarfin* (Gruppo dei Tudai di Razzo).

terrigene grossolane, rossastre, di ambiente fluvio-deltizio, quali il *Conglomerato di Richthofen*. Ben noto nell'area dolomitica, e più conosciuto nella letteratura geologica regionale come *Breccia di Ugovizza s.l.*, è potente fino a 250 m e ben esposto a monte dell'abitato omonimo, sulla strada per il Rifugio Nordio (ASSERETO, 1961). Ad esso segue un sottile livello di calcari scuri lagunari, unità nota nell'area dolomitica come *Calcare di Morbiac* e nelle Alpi Carniche e Giulie come *calcari del M. Tuglia*, *calcari di Pontebba* o *calcari nodulari*.

Contemporaneamente, sui blocchi ribassati si instaurano condizioni più francamente bacinali che portano alla sedimentazione delle *Fm. di Dont* (abitato cadorino nell'alta Valle di Zoldo) e, sovrastante, *del M. Bivera* (rilievo a SW di Sauris), tutte di età illirica (PISA, 1974). La prima è caratterizzata da calcari grigio scuri nodulari, a radiolari, conodonti ed ammoniti per spessori di qualche decina di m, mentre la seconda è caratteristica per la policromia dei suoi litotipi: calcari marnosi nodulari, marne e siltiti prevalentemente rossastri con alternanze di marne grigie, giallognole, talora verdastre se di natura tuffitica. Le poche decine di m di calcari micritici fittamente stratificati, con rare intercalazioni tuffitiche, della *Fm. dell'Ambata* (valle ad occidente di Auronzo di Cadore) rappresentano l'ultimo deposito bacinale con il quale si chiude l'**Anisico sup.**

9 - Sono qui raggruppate tutte le piattaforme carbonatiche cresciute dopo l'**Anisico sup.** fino al **Carnico inf.** e che hanno la loro massima espressione nella *Dolomia dello Sciliar* (*Schlern*, con terminologia tedesca, dal gruppo montuoso delle Dolomiti occidentali, o *Dolomia ladino-carnica*, *Dolomia infraraibiana* o *Dolomia metallifera* del Tarvisiano). Pertanto oltre a questa unità, che in gran parte degli affioramenti è definita senza incertezze stratigrafiche, vengono comprese anche unità sotto- o sovrastanti, od anche laterali, (quali la *Fm. del Contrin*, i *calcari dolomitici del M. Tiarfin* e, in rari casi, anche la *Dolomia Cassiana*) non ancora definite stratigraficamente nei rilievi regionali, a differenza di quanto avvenuto nell'area dolomitica. In quella regione, infatti, il grande evento vulcanico ladino, nonché gli effetti di una tettonica alpina più blanda, hanno consentito la distinzione in piattaforme pre- e post-vulcaniche mentre nell'area carnica gli scarsi prodotti del vulcanismo medio-triassico, oltretutto non sempre coevi, non hanno consentito, fino ad oggi, tale differenziazione. A ciò si aggiungono gli effetti intensi della tettonica alpina, nonché la carenza di datazioni precise dei depositi bacinali medio-triassici che, intervallati ai corpi di piattaforma ma spesso laterali ad esse, potrebbero dare un contributo alla scansione temporale dei litosomi di mare sottile. Per tali motivi sulla carta geologica stesso numero e stesso colore indicano unità sia sotto- che sovrastanti episodi bacinali e/o vulcanici.

Almeno per alcuni settori delle Alpi Carniche e Giulie, però, si può tentare una differenziazione: ad es. nella Carnia occidentale i *calcari dolomitici del M. Tiarfin*, annegati da unità bacinali ad Ammoniti (*Calcari del Clapsavon*) e sovrastanti calcari nodulari selciferi con siltiti vulcanoclastiche (*Fm. di Livinallongo*), stanno ad indicare un'età **Ladinico inf.** (fig. 21); così come può essere attribuito alla *Dolomia Cassiana*, di età **Carnico inf.** il corpo carbonatico sovrastante i depositi bacinali delle *Fm. di Wengen* e di *S. Cassiano* (a N di Forni di sopra), ma talora anche laterale ad essi (Val D'Aupa). Restano i problemi altrove, come nelle Alpi Giulie, dove la potente *Dolomia dello Sciliar* potrebbe comprendere sia alla base che al tetto altre unità carbonatiche, per cui è stata definita correttamente *piattaforma carbonatica indifferenziata*.

Al di là di questi problemi stratigrafici, che la comunità scientifica sta comunque affrontando (JADOUL *et al.*, 2002), le



fig. 21 - La successione delle piattaforme carbonatiche medio-triassiche è ben esposta nella Val Lumiei (rio Siviladi): sulla più bassa piattaforma anisica, nascosta dalla vegetazione in primo piano, poggiano le chiare pareti della piattaforma ladinica inf. (calcarei dolomitici del M. Tiarfin) separate dalla sovrastante Dolomia dello Sciliar tramite la cengia boschiva impostata sulle unità bacinali (Calcarei del Clapsavon e Fm. di Livinallongo). A completare l'eccezionale quadro geologico, sulla cima del Cret di Pil la "linea di Sauris" porta la Fm. di Werfen ad accavallarsi sulla Dolomia dello Sciliar.

piattaforme carbonatiche "indifferenziate" sono rappresentate litologicamente da dolomie e calcari dolomitici grigi-chiari, talora cristallini per la dolomitizzazione, da massicci a debolmente stratificati, specie verso l'alto, in banchi da 0,5 a 1 m. Gli spessori complessivi possono raggiungere i 1.200 m.

10a - Sono qui raggruppate tutte le formazioni bacinali che si sono susseguite dal **Ladinico** al **Carnico inf.** interrompendo talora lo sviluppo delle piattaforme carbonatiche descritte al punto precedente e/o depositandosi lateralmente ad esse o, infine, sostituendole (PISA, 1974). Litologicamente sono rappresentate (VIEL, 1979) da alternanze di marne, calcari arenacei, peliti, ed areniti torbiditiche e rari olistostromi carbonatici (*Torbiditi d'Aupa*, dall'omonima valle), calcari rossi ad ammoniti (*Calcarei del Clapsavon*, dal monte a N di Forni di sotto), calcari marnosi, argilliti e tufiti (*Fm. dell'Acquatona*, dal rio a W di Sappada), calcari nodulari selciferi, calcareniti, arenarie e siltiti tuffacee verdastre note con il nome di "pietra verde" (*Fm. di Livinallongo* o *Buchenstein*, abitato della Val Cordevole), depositi terrigeno-tufitici e piroclastici di tipo ignimbrico riolitico-riodacitico (*Strati di La Valle* o *Fm. di Wengen*, località della Val Badia), calcari marnosi nerastrati dalla tipica alterazione ocreacea, in strati sottili (*Fm. di San Cassiano*, altra località badiota).

10b - A seguito della tettonica distensiva che interessava le piattaforme carbonatiche impostando i bacini sopra citati, in più momenti durante l'**Anisico sup.** ma specie nel **Ladinico**, in loro corrispondenza si sono manifestati episodi di vulcanismo che hanno dato luogo a colate laviche, ignimbriti o piroclastiti. Pur essendo inglobati nelle successioni bacinali e di sviluppo limitato si è ritenuto opportuno differenziarli sia per il significato geodinamico che essi rappresentano nell'evoluzione tettonica dell'area sia perché costituiscono uno dei pochi esempi di rocce magmatiche nella successione stratigrafica regionale. L'episodio più importante è dato da oltre 100 m di spessore di vulcanoclastiti di colore rosso cupo (fig. 22), a chimismo riolitico-riodacitico, delle *Vulcaniti di Riofreddo* (località nei pressi di Cave del Predil) del **Ladinico inf.** (GIANOLLA, 1992).

Spessori più ridotti ma estensione laterale maggiore presentano vulcaniti simili diffuse nei depositi bacinali del **Ladinico sup.** del Tarvisiano. A chimismo basico sono invece le coeve

vulcaniti di colore verde scuro fino al nerastro che affiorano a N di Forni di sopra e di sotto, riferibili alla formazione delle *Ialoclastiti del M. Fernazza* (CASTELLARIN & PISA, 1973).



fig. 22 - Blocchi rossastrati di vulcaniti di Riofreddo nell'alveo del T. Slizza (Cave del Predil).

11 - Evidenti fenomeni di paleocarsismo riscontrati in più punti al tetto della *Dolomia dello Sciliar* evidenziano un momento di emersione (fig. 23) dopo il quale, nel **Carnico inf.**, si instaura un ambiente di laguna profonda ampiamente esteso specie nel settore centro-occidentale delle Alpi Carniche meridionali. Esso è testimoniato da notevoli spessori (fino a 300-400 m) di calcari neri (PISA, 1972), alternati a marne calcaree, fittamente stratificati e caratterizzati dalla presenza di *Myophoria kefersteini* (*fm. della Val Degano*, di VENTURINI, 2002; inseriti nel "*Gruppo Infraraibliano*" da PISA *et al.*, 1980). In più punti (Cludinico, Fusea, Raveo,...), alla base dell'unità, sono frequenti lenti di carbone oggetto di sfruttamento nel passato. Nelle aree di depocentro (Carnia centrale, tra i T. But e Degano) si accumulano ulteriori centinaia di metri di calcari lastroidi bruno-nerastri, debolmente marnosi con locali noduli di selce scura, più sottilmente e nettamente stratificati.

12a - Sotto la designazione, ancora discussa, di *Fm. di Dürrenstein* sono state qui raggruppate tutte quelle unità stratigrafiche del **Carnico medio e sup.** che nella Carnia centro-occidentale, estendendosi a E fino alla paleolinea But-Chiarzò,



fig. 23 - Filoni sedimentari riempiti da marne grigie al tetto della *Dolomia dello Sciliar* evidenziano l'emersione della piattaforma prima della deposizione dei Calcari scuri nella parte alta della fotografia (Rio Storto, conca di Sauris).



fig. 24 - Le arenarie violette del Carnico medio (Fm. di Dürrenstein) con tipiche strutture di sedimentazione incrociata (strada per Avaglio).

sovrastano ovunque i calcari scuri del punto precedente e sottostanno ovunque all'unità evaporitica descritta di seguito. Si tratta di successioni di piattaforma mista variabili nelle litologie (a seconda delle facies occupate nei non profondi bacini carnici) ma notevoli negli spessori (minori in corrispondenza dei bordi bacinali, maggiori nei loro depocentri). In tutte le successioni la base è occupata da arenarie violette (fig. 24), cui seguono argille siltose varicolori e banchi dolomitici (fig. 25), dolomie e calcari dolomitici ben stratificati. Queste successioni caratterizzano specie le basse pendici dei rilievi che delimitano la valle del Tagliamento nel suo percorso montano.

12b - L'episodio evaporitico alla fine del **Carnico sup.** è stato differenziato sia perchè rappresenta un evento climatico a scala globale, almeno nel settore Carnico centrale, sia per le conseguenti tipiche litologie che ne caratterizzano la facies. Si tratta di alternanze metriche e/o decimetriche di dolomie marnose grigie, dolomie chiare spesso vacuolari e livelli marnosi cm; frequenti sono le breccie dolomitiche e rari, al tetto dell'unità, i livelli stromatolitici. Ma la litologia più caratteristica è data da gessi saccaroidi, da bianchi a grigi, ricchi di impurità argillose diffuse o alternate in lamine mm-ritmiche. Questa unità ha avuto spesso la funzione di lubrificante tettonico fungendo da orizzonte sia di scollamento sia di accavallamento degli imponenti sovrascorrimenti del settore centrale (fig. 26) e prealpino che in loro corrispondenza si sono spesso impostati.

12c - Recentemente la Commissione Italiana di Stratigrafia ha proposto la cancellazione del termine di "*Gruppo di Raibl*". Nonostante ciò, si è preferito mantenere distinte le unità apparte-



fig. 25 - Argille siltose varicolori e banchi dolomitici del Carnico sup. affioranti sulle sponde settentrionali del Lago di Sauris.

nenti ad esso da quelle coeve della Carnia in precedenza descritte, in quanto il Carnico del Tarvisiano (DE ZANCHE *et al.*, 1993, 2000; GIANOLLA *et al.*, 1998) mostra un'evoluzione stratigrafica sostanzialmente diversa da quella delle aree più occidentali, fino alle Dolomiti (PRETO *et al.*, 2005), nonché per motivi di ordine storico.



fig. 26 - La "linea di Sauris" porta le unità eotriassiche ad accavallarsi sui gessi del Carnico sup., nella parte bassa della fotografia (loc. Tintina, Sella M. Pura-Ampezzo).

Questa particolare successione del Carnico è diffusa all'incirca ad oriente della paleolinea But-Chiarzò e tipicamente ad E del rio Bianco di Tarvisio ove, nel rio Conzen ed alla Portella presso Cave del Predil, è ben esposta la sezione tipo del "*Gruppo di Raibl*". A dolomie e calcari scuri con ricche faune a pesci volanti predatori, crostacei e piante (*Calcare del Predil*) seguono calcari e marne a *Myophoria kefersteini* (fm. di Rio del Lago) indicativi di una trasgressione marina. La ripresa delle condizioni di piattaforma è testimoniata dai calcari dolomitici a *Megalodon carinthiacus* (*Calcare di Rio Conzen*) e dai sovrastanti calcari, marne, calcari dolomitici e dolomie grigie della Fm. di Tor. Il "*Gruppo di Raibl*", di spessore variabile ma potente anche oltre 900 m, è rappresentativo dell'intero **Carnico**, dal Cordevolico al Tuvallico. Per comprendere meglio le relazioni fra unità carniche delle Alpi Giulie e quelle coeve della Carnia centro occidentale e, in generale, i rapporti fra le unità nell'intervallo Ladinico-Retico, si rimanda allo schema di fig. 27, indicativo anche della tettonica sinsedimentaria.

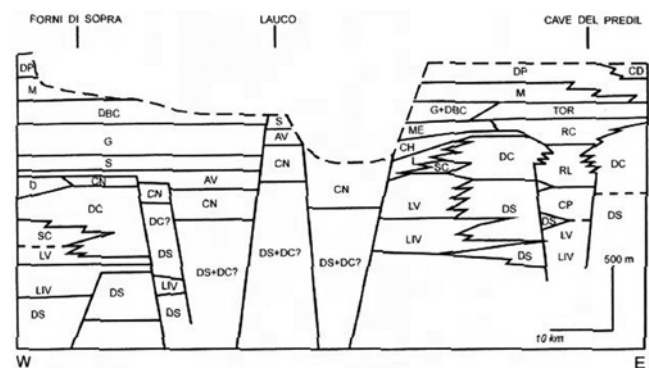


fig. 27 - CD: *Calcare del Dachstein*; DP: *Dolomia Principale*; M: fm. del Monticello; DBC: dolomie cariate e breccie (Fm. di Raibl); G: gessi (Fm. di Raibl); S: siltiti varicolori (Fm. di Raibl); TOR: Fm. di Tor; D: Fm. di Dürrenstein; ME: orizzonte del Mestri; CH: fm. di Chiampèes; AV: arenarie violette; CN: Calcari neri; L: dolomie di Loveana; RC: Calcare di Rio Conzen (Fm. di Dürrenstein); DC: Dolomia Cassiana; SC: Fm. di S. Cassiano; RL: Fm. di Rio del Lago; CP: Calcare del Predil; LV: Fm. di La Valle; LIV: Fm. di Livinallongo; DS: Dolomia dello Sciliar (da PONTON, in VAI *et al.* 2002).

13a - Nel **Carnico sup.** (ed in alcuni casi fino al **Norico inf.**) nell'ambito di un'estesa rampa carbonatica si instaura su tutta l'area un ambiente asfittico di mare sottile a circolazione ristretta. In esso si depositano sequenze cicliche di dolomie micritiche grigie o grigio scure massicce, talora nere e laminate in strati decimetrici (*fm. del Monticello*, rilievo della bassa Val d'Aupa; CARULLI *et al.*, 1987) (fig. 28). Ad esse si intercalano più sottili livelli pelitici bituminosi nero-verdastri, frequenti verso la base dell'unità più che verso l'alto, ove invece, con la facies più francamente dolomitica a stromatoliti, prelude alla deposizione della *Dolomia Principale*. Lo spessore complessivo dell'unità può giungere fino ad alcune centinaia di metri.



fig. 28 - Dolomie nerastre ben stratificate della *fm. del Monticello* alla base delle dolomie chiare della *Dolomia Principale*. L'apice delle falde detritiche segna esattamente il limite fra le due unità (pareti settentrionali del M. Sernio).

13b - Le condizioni asfittiche continuano nel **Norico**, sia pure in limitati settori, facilitate dalla tettonica distensiva che provoca dei bacini intrapiattaforma nel corpo della *Dolomia Principale* in crescita contemporanea. Si formano così: dolomicriti e doloareniti grigio scure in strati dm, fittamente stratificate, selcificare alla base, con frequenti livelli pelitici bituminosi talora così ricchi di sostanza organica da rivestire interesse naftogenico; numerosi livelli fossiliferi con crostacei, pesci, rettili volanti, resti di vegetali, pollini e conodonti⁵ (vedi MUSCIO in CARULLI *et al.*, 2000); breccie e megabreccie non classate, ruditi intra-bioclastiche, doloareniti granoclassate organizzate spesso in sequenze torbiditiche, depositi da colate fangose tipo *debris flow-mass flow* associati a *slump* (fig. 29), della *Dolomia di Forni* (dagli omonimi abitati dell'alta Val Tagliamento) (CARULLI *et al.*, 1997).



fig. 29 - Fenomeno di *slump* nella *fm. della Dolomia di Forni* (Caprizzi).



fig. 30 - La *Dolomia Principale* del M. Duranno, splendida cima del Parco delle Dolomiti Friulane.

13c - Il **Norico** (e forse anche la base del Retico) è caratterizzato in tutto il Sudalpino, ma specialmente nelle Dolomiti, dalla *Dolomia Principale* (BOSELLINI, 1967; BOSELLINI & HARDIE, 1988) che costituisce la formazione di gran lunga più estesa nel territorio regionale (le più belle cime delle Alpi Giulie, delle Prealpi Carniche,...; fig. 30). In questo periodo si imposta una potente (800-1.500 m) ed estesa piattaforma carbonatica rappresentata da dolomie chiare, cristalline, massicce e fossilifere (tipica l'associazione a *Megalodon* e *Worthenia*) in stati metrici e dolomie stromatolitiche (fig. 31) in strati dm organizzate in cicli peritidali con rare intercalazioni argillitiche. Momenti di tettonica distensiva portano alla formazione di piccoli bacini asfittici intrapiattaforma all'interno della successione (o in continuità temporale con quelli della precedente *Dolomia di Forni*), con la deposizione di dolomie laminate scure, più o meno argillose, ricche in sostanza organica, in strati dm, con rara selce nera e *slump* (**13c-a**: *Laminiti di rio Resartico*, dal corso d'acqua in Val Resia, ma presenti anche nelle Prealpi Carniche in intercalazioni potenti a circa 2/3 dalla base della formazione; FANTONI *et al.*, 1998). Localmente, al tetto dell'unità, si possono rinvenire corpi di breccie dolomitiche eterometriche.



fig. 31 - Tappeti di alghe (stromatoliti) interrompono la crescita di lamellibranchi (*Megalodonti*) nella *Dolomia Principale* della Val Cimoliana.

14 - Le condizioni di piattaforma carbonatica continuano nel **Retico** con la deposizione di calcari micritici grigio chiari in strati metrici con megalodonti (fig. 32), alternati a calcari stromatolitici con *fenestrae* ed oncoidi in netti strati decimetrici, organizzati in cicli peritidali e sporadici livelli con gasteropodi,

⁵ Si ricordano in proposito gli interessanti "Museo Paleontologico" di Preone e "Museo geologico" di Ampezzo.

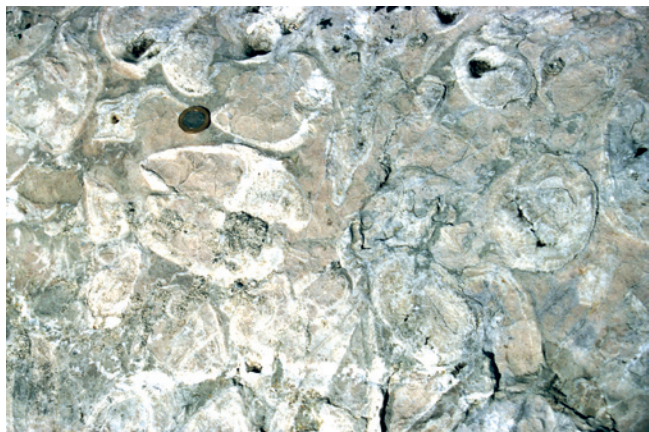


fig. 32 - Affioramento di *Calcare del Dachstein* zeppo di megalodontidi (stazione di arrivo della funivia del Canin).

coralli e alghe dasycladacee (*Calcare del Dachstein*, dal gruppo montuoso del Salisburghese; FISCHER, 1964). La formazione si depone talora anche lateralmente alla Dolomia Principale, della quale potrebbe rappresentare la facies più esterna, con spessori in aumento verso oriente (Alpi Giulie) ove raggiunge gli 800 m. I calcari sono molto carsificabili ed in essi si sono sviluppato le imponente forme carsiche epigee ed ipogee del gruppo del M. Canin (fig. 33).

15a - Nel **Lias inf.** la persistenza dell'ambiente di piattaforma in corrispondenza degli alti strutturali, porta alla deposizione di calcari micritici grigi e nocciola a grana fine alternati a stromatoliti spesso dolomitizzati, in strati decimetrici e banchi con interstrati marnosi verdastri più frequenti nella parte basale, organizzati in cicli peritidali (*Calcari Grigi*; MASETTI *et al.*, 1998). Ad essi seguono o si alternano calcari oolitici intraclastici e bioclastici biancastri e calcari a peloidi, oncoidi e bioclasti con gasteropodi, lamellibranchi, alghe dasycladacee (*Calcare di Stolaz*, località sulle pendici settentrionali della catena dei Musi, *Calcari a Crinoidi*).

15b - Le condizioni bacinali intrapiattaforma che nel Norico avevano portato alla sedimentazione della *Dolomia di Forni* continuano nel **Retico**, e forse fino al **Lias inf.**, con la deposizione (**15 ba**) del *Calcare di Chiampomano* (fienile sulle pendici settentrionali del M. Verzegnis; CARULLI *et al.*, 2000) che si può considerare l'equivalente bacinale del *Calcare del Dachstein*. Si



fig. 33 - La cavità al centro è l'imbocco dell'abisso Boegan (profondo 625 m), non distante dall'abisso Gortani (profondo 935 m e sviluppato per ben 13 km). Ambedue si aprono sotto il Colle delle Erbe, altopiano carsico in *Calcare del Dachstein* nel gruppo del M. Canin.

formano così calcari micritici e calcareniti nerastrati in strati decimetrici, raramente selciferi, alternati localmente a livelli marnosi cm; saltuarie sono le intercalazioni di calcareniti fini con laminazioni parallele od oblique, mentre frequenti sono gli *slump*.

Nei settori ribassati dalla tettonica estensionale giurassica, specie nella porzione occidentale delle Prealpi Carniche, la persistenza delle condizioni di mare profondo nel **Retico p.p.-Lias medio** porta alla deposizione di calcari micritici grigio scuri o brunastri, con tipici noduli o liste di selce scura, spesso dolomitizzati, con frequenti livelletti marnosi cm nella parte alta della successione (*Fm. di Soverzene*, località del Bellunese; BOSELLINI *et al.*, 1981). Le faune sono rappresentate essenzialmente da radiolari e spicole. Seguono, nel **Toarciano**, alla base marne nerastriche ricche di materia organica poi calcari micritici e calcari marnosi, spesso nodulari in strati dm, con selce scura talora abbondante ed interstrati cm pelitici bruno-verdastri per uno spessore massimo di 100 m. Frequenti sono ammoniti, brachiopodi, spicole di spugna, radiolari, resti di echinodermi (*Fm. di Igne*, località del Bellunese; CASATI & TOMAI, 1969). Parallelamente, in condizioni di mare meno profondo, si sedimentano poche decine di m di calcari nodulari rossi e rosati ricchi in crinoidi, brachiopodi, ammoniti e caratteristici rostri di belemniti (fig. 34), sfruttati come pietra ornamentale sul M. Lovinzola. In letteratura sono note come *Encrinite del M. Verzegnis* (PIANO & CARULLI, 2002), equivalente, almeno in parte, dell'*Encrinite di Fanes Piccola* di MASETTI & BOTTONI (1978).



fig. 34 - Rostro di belemnite nel "marmo" (*Encrinite del M. Verzegnis*) della cava del M. Lovinzola.

15c - Dai margini occidentali della piattaforma carbonatica precedentemente descritta nel **Giurassico medio** imponenti depositi torbiditici si riversano entro il **Bacino Bellunese** (GNACCOLINI, 1968; BOSELLINI & MASETTI, 1972). Si depositano così tipiche calcareniti nocciola oolitico-bioclastiche in banchi gradati di spessore variabile da 30 cm a 2 m con laminazioni piano-parallele, alternate a calcari micritici a microfaune pelagiche e rostri di belemniti con rari noduli di selce, specie alla base ed al tetto dell'unità (*Calcare del Vajont*, dal torrente omonimo) (fig. 35). Nella località tipo lo spessore raggiunge i 400-500 m riducendosi a poche decine di m verso E dove il *Calcare del Vajont* poggia sui *Calcari Grigi* di piattaforma.

16a - Questa unità è stata distinta in quanto, pur affiorando in limitati settori meridionali delle Prealpi Carniche, costituisce l'unico episodio di vera e propria scogliera del **Giurassico sup.** (Oxfordiano p.p.-Kimmeridgiano). Essa si è impostata sul margine della piattaforma friulana, tanto da passare, verso l'interno e verso l'alto, al *Calcare del Cellina*. L'unità è stata rinvenuta



fig. 35 - Le spalle della diga del Vajont impostate sul calcare dell'omonima formazione.

anche nel pozzo SPAN 1 (SARTORIO *et al.*, 1987) E' rappresentata da circa 600 m di tipici calcari massicci di scogliera con abbondanti idrozoi (fig. 36) e coralli, ben affioranti specie sul M. Prat, noti come *Calcari ad Ellipsactinie* (localmente, più ad occidente, anche con il termine informale di *Calcari di Polcenigo*). Locali tasche bauxitiche coperte da un orizzonte a nerinee, rinvenute alla sommità della formazione, denunciano momenti di emersione.

16b - La continuità delle condizioni bacinali anche nel **Giurassico sup.**, e talora oltre, nella maggior parte delle Prealpi Carniche e in parte di quelle Giulie, consente la deposizione di una successione di mare profondo caratterizzata da abbondante presenza di selce. La serie inizia nell'Oxfordiano-Kimmeridgiano con 100-200 m di calcari micritici e calcari marnosi grigio scuri in strati decimetrici, con radiolari e lamellibranchi pelagici, ricchi di noduli e/o letti di selce grigia, rossastra o verdastra, intercalati a strati cm di calcari marnosi nella parte alta della formazione; frequenti sono le calcareniti bioclastiche, talora gradate, e calciruditi con crinoidi, coralli, briozoi ed alghe (*Fm. di Fonzaso*, abitato ad occidente di Feltre; BOSELLINI & DAL CIN, 1968).

Sovrastanno, nel Kimmeridgiano sup.-Titoniano inf., poche decine di m di calcari nodulari, spesso bioturbati, di colore tipico dal rossastro al grigio-verdastro, con grossi ammoniti o letti di selce rossa, ammoniti e belemniti talora di grandi dimensioni (*Rosso Ammonitico superiore*); sono presenti anche calcareniti



fig. 36 - Esemplari di Ellipsactinia negli omonimi calcari del M. Prat.

e calciruditi gradate con coralli, alghe, crinoidi e, localmente (M.Cuar), frammenti di Ellipsactinie.

Con passaggio al **Cretacico inf.** (Titoniano-Berriasiano) si depositano poche decine di m, fino ad un centinaio, di calcari micritici grigio chiari, a frattura concoide, con noduli o lenti di selce grigio-scura o biancastra (fig. 37) ricchi di tintinnidi, spicole di spugna, radiolari (*Biancone*, equivalente della *Maiolica*, termine da preferirsi, presente nel bacino lombardo e nell'Appennino settentrionale). Là dove la monotonia della litofacies non consente sempre di separare la *Fm. di Fonzaso* dal *Rosso Ammonitico superiore* e dal *Biancone*, la successione bacinale sopra descritta è stata indicata con il termine comprensivo di *Calcare di Soccher* (abitato a E di Belluno) che ha quindi significato più comprensivo, abbracciando termini che vanno dal Giurassico sup. fino a quasi tutto il Cretacico. Si ricorda che il ripetersi di toponimi della provincia di Belluno per caratterizzare le successioni bacinali giurassiche deriva dal fatto che qui affiorano, ben esposte e complete, le successioni di mare profondo caratteristiche del "Bacino Bellunese". Esso, nel Giurassico, a seguito dell'apertura del più occidentale "bacino ligure-piemontese", si è impostato al bordo occidentale della "piattaforma friulana" sulla quale invece continuerà la sedimentazione di mare basso (fig. 18).



fig. 37 - Liste di selce nera nei calcari della *fm. del Biancone* (parete sottostante l'abitato di Casso).

16c - Parallelamente alle condizioni bacinali, sugli alti strutturali, corrispondenti alla piattaforma friulana, continua nel **Giurassico sup.** fino a tutto il **Cretacico inf.**, la sedimentazione di mare basso con facies di piattaforma relativamente protetta, di ambiente lagunare e di piana di marea: si depositano circa 1.000 m di calcari porcellanacei ben stratificati di colore biancastro, grigiastro e brunastro, con scarsi macrofossili, frequenti strutture di emersione, talora con breccie ed argille residuali e sporadiche stromatoliti (*Calcare del Cellina*; CUVILLIER *et al.*, 1968). In successione di margine della piattaforma friulana (Valle dello Judrio, Monti della Bernadia) si rinvencono corpi bioclastici a molluschi e coralli, originariamente rinvenuti in pozzo per la ricerca di idrocarburi e indicati con il termine informale di *Calcari di S. Donà* (Valanginiano; CATI *et al.*, 1987).

17a - Nell'intervallo che va dal **Cretacico inf.** all'**Eocene inf.** nel bacino si depositano potenti spessori di torbiditi fini a seguito di un'importante fase tettonica (evento eo-alpino). Esse sono rappresentate da marne e calcari marnosi a frattura scagliosa dalla tipica colorazione rosso-mattone o verde-nerastra, debolmente nodulari, a stratificazione cm-dm (fig. 38). A seconda dell'età sono state distinte in: *Scaglia variegata* (Aptiano p.p.-Albiano), *selcifera* (Cenomaniano-Campaniano p.p.) e *rossa* (Senoniano sup.-**Paleocene-Eocene inf.** p.p.). Quest'ultima può



fig. 38 - Affioramento di *Scaglia rossa* poggianti sui *Calcari di M. Cavallo* (a sinistra) e ricoperta dal *Flysch di Clauzetto* lungo la strada per la cava del cementificio di Monte S. Lorenzo (Maniago).

presentare al suo interno olistoliti anche colossali (Val d'Arzino) crollati nel bacino dai bordi tettonicamente instabili della vicina piattaforma. Calcareniti e calcilutiti torbiditiche grigie, con selce, ben stratificate, del Senoniano inf. sono state distinte con i nomi locali di *Calcare di Andreis* a occidentale e *Calcare di Volzana* nel bacino giulio. Con il termine di *Marne di Erto* si indicano invece 100-150 m di marne e calcari marnosi intensamente bioturbati, di colore dal rosso al grigio, di età **Paleocene p.p.** che all'estremo occidentale del territorio regionale fanno da transizione fra la *Scaglia rossa* ed il flysch.

Altrove, alla sommità dell'unità il prossimo arrivo del flysch è annunciato, per spessori che possono arrivare a 250 m, da bancate massicce di calcareniti e breccie con clasti da cm a m di calcari di piattaforma con frammenti di rudiste (*Breccie di Grignes*, *breccia di Montefosca*) derivanti da frane colossali del margine della piattaforma innescate da forti pulsazioni tettoniche.

Per una migliore comprensione dei complessi rapporti stratigrafici tra le unità di bacino triassiche, giurassiche e del Cretacico inf., sia tra di loro che nei confronti delle unità di piattaforma carbonatica, si rimanda allo schema di fig. 39.

17b - Nel Carso triestino, sulla piattaforma carbonatica già impostatasi con il *Calcare del Cellina*, nel **Cretacico inf.** si individuano limitati ambienti di piattaforma ristretta. Qui infatti l'Aptiano-Albiano inizia con i calcari bituminosi del *Mb. di Monte Coste* (CUCCHI *et al.*, 1987) cui segue, nel Cenomaniano p.p., un corpo di breccie dolomitiche spesso anche decine di m (*Mb. di Rupingrande*). In esso la dolomitizzazione è prevalente nelle porzioni centrali e sud-orientali della fascia di affioramento. A questa unità nel Cenomaniano p.p. seguono calcari, calcari

dolomitici e dolomie, di colore grigio scuro (*fm. di Monrupino*) e talora calcari nerastri, fetidi, fittamente stratificati con selce (*Scisti di Comeno*) mentre verso la sommità compaiono calcari a *Chondrodonta* e rudiste. Queste litologie particolari, anche se presenti in spessori ed affioramenti ridotti, ma diverse dai successivi calcari predominanti, hanno suggerito di cartografare distintamente questa unità.



fig. 40 - I calcari verticalizzati del Cretaceo sup. - Paleocene formano la falesia su cui sorge il Castello di Duino.

17c - L'inizio del **Cretacico sup.** rappresenta in buona parte del territorio il ripristino generalizzato delle condizioni di piattaforma aperta. Sono dominanti, infatti, calcari bioclastici biancastri, massicci con abbondanti rudiste. Le litofacies più classiche deposte negli ambienti più esterni della piattaforma ed affacciate sul bacino, danno luogo alla *Fm. dei Calcari di M. Cavallo* (Cenomaniano-Campaniano); se all'interno della piattaforma costituiscono i *Calcari di Aurisina* (Turoniano p.p.-Campaniano), potenti fino a 400 m (fig. 40), celebri per le omonime pietre decorative ("marmi del Carso"). Data la continuità nel Cretacico della sedimentazione carbonatica di piattaforma ma data anche la scarsità di studi specifici su ampie aree di affioramento (tipiche le zone del Cansiglio-Cavallo e del Ciaurlec) la distinzione

fatta sulla carta geologica tra *Calcare del Cellina* e *Calcari di M. Cavallo* si deve intendere del tutto indicativa e come tale il limite tra le due unità è stato rappresentato come incerto. Ovviamente si è scelto di estendere la prima formazione nelle aree dove è stata definita con certezza (sua area-tipo, propaggini meridionali del M. Cavallo, fronte esterno della piega della Bernadia...) ma è altamente probabile che con il prosieguo delle ricerche l'area di affioramento del *Calcare del Cellina* si espanda a spese di quanto è rappresentata l'area di affioramento dei *Calcari di M. Cavallo*. Per una migliore comprensione dei rapporti tra queste unità si rimanda comunque ai lavori di FERASIN (1958),

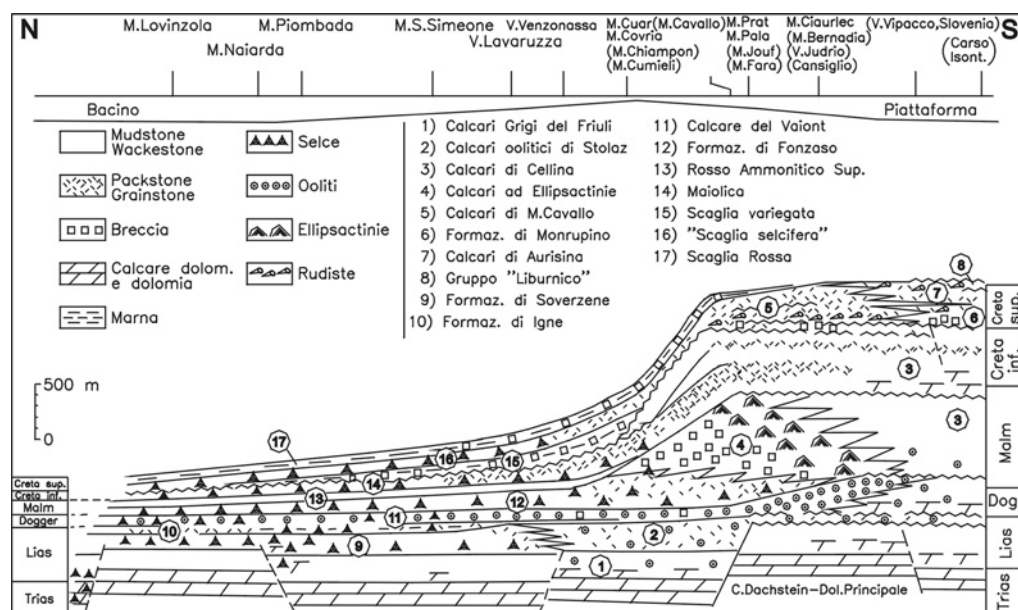


fig. 39 - Schema stratigrafico della successione giurassico-cretacica delle Prealpi friulane, secondo una sezione ideale che attraversa le Prealpi Carniche orientali. Le località indicate tra parentesi sono state proiettate sulla sezione (da VENTURINI & TUNIS, in VAI *et al.* 2002).

GNACCOLINI & MATTAVELLI (1969) e GHETTI (1987).

Nell'intervallo Cenomaniano-Campaniano sono stati collocati anche i *membri di Zolla e di Borgo Grotta Gigante* del Carso triestino. Sottili ma generalizzati corpi di breccie posti alla sommità denunciano prolungate emersioni (*Breccia bianco-rossa*). Nel settore del Carso, in corrispondenza di alcune aree emerse, si sono impostate depressioni a circolazione mista di acque dolci, salmastre e marine che hanno dato luogo, nel Campaniano-Maastrichtiano fino al **Paleocene inf.**, a calcari nerastri a grana fine noti con il nome di "*Gruppo Liburnico*" fino dai tempi di STACHE (cui si deve la denominazione): ad esso sono riconducibili anche gli *Strati di Vreme* ed i *Calcari di Cosina* della letteratura geologica della Slovenia ove sono più diffusi.

In questa unità sono stati accorpati anche il *Calcare dell'Alpago* e le *Calcareniti del Molassa*, istituite da GHETTI (1987) come facies distinte riconoscibili all'interno dei *Calcari di M. Cavallo*. Le calcareniti bioclastiche del primo rappresenterebbero l'accumulo al piede della scarpata mentre le seconde costituiscono la "scogliera organica s.s." distinta dalle precedenti.

7.6 - Successione cenozoica

Il Cenozoico è rappresentato per lo più dai depositi terrigeni in facies di flysch, di varia età e significato, e dai depositi clastici finali in facies di molassa, materiali di colmata dell'avanfossa sudalpina. La litofacies carbonatica, in continuità di sedimentazione della piattaforma cretacea, è rappresentata solo da una limitata fascia di affioramenti posti alla sommità dei calcari del Carso triestino, da qualche tratto del Carso Goriziano e da parte del Colle di Medea (POLI, 1995).

I depositi terrigeni cenozoici, invece, affiorano estesamente al bordo meridionale di tutti i rilievi prealpini, affacciati sull'alta pianura friulana specie orientale, nonché alle basse quote del ciglione carsico. Limitati lembi, coinvolti dai sovrascorrimenti alpini, sono situati anche all'interno della catena prealpina. A questi terreni, specie a quelli molassici, si possono ascrivere anche l'ossatura e la base, non sempre affiorante, dei deboli rilievi isolati dell'alta pianura friulana (Orgnano, Variano, Carpenedo, Pozzuolo,...).

18 - Tra il Paleocene e l'Eocene inf. nei citati settori di affioramento delle litofacies carbonatiche un nuovo evento trasgressivo porta alla deposizione, sopra le facies "liburniche", di 50-100 m di calcari di colore grigio-nocciola inizialmente zeppi di Miliolidi (*Calcari a Miliolidi*) e, successivamente, di altri abundantissimi macroforaminiferi tanto da dare all'unità il nome di *Calcari a Nummuliti ed Alveoline* (*Membri di Monte Grisa e di Opicina*), più noti nel Carso isontino come *Calcari di Monte San Michele* (MARTINIS, 1962). Si ricorda che queste unità, assieme a tutte quelle carbonatiche cretache affioranti sul Carso e descritte in precedenza, sono state per lungo tempo indicate complessivamente con il nome informale di *Calcari del Carso*. A questo proposito si segnala che sono stati cartografati come affioramento continuo anche i grossi olistoliti calcarei paleocenici che costituiscono la base del promontorio di Miramare, al bordo sud-occidentale della costa triestina in flysch eocenico. Essi non sono da intendersi in continuità stratigrafica con il flysch bensì come corpo di paleofrana inserito in esso.

Le testimonianze più settentrionali nell'intero Sudalpino della trasgressione eocenica sono rappresentate da piccoli lembi, potenti 30-40 m, di calcareniti fossilifere del Luteziano inf. affioranti a Staveli Tugliezzo (a N di Stazione per la Carnia) (CERETTI, 1965) e sulle pendici meridionali del M. Amariana

(CARULLI *et al.*, 1982). Esse, tramite un conglomerato trasgressivo, giacciono in netta discordanza angolare direttamente sul *Calcare del Dachstein*, comportando così una lacuna stratigrafica di oltre 150 MA.

19a - Sotto questa unità sono riuniti tutti quei corpi torbiditici che, con l'arrivo dei primi flysch nel **Cretacico sup.-Paleocene**, portano all'annegamento e talora alla parziale demolizione della piattaforma carbonatica cretacea.

A seconda dell'età, delle litologie prevalenti conseguenti alla loro posizione rispetto alle aree sorgente e prendendo il nome dalla toponomastica locale, sono stati distinti i seguenti membri informali: *Flysch di Uccia*, di età Campaniano sup.-Maastrichtiano inf., e di *Drenchia*, di età Maastrichtiano inf., costituiti da calcisiltiti grigio-nere, banchi di breccie ed areniti nella porzione superiore, di provenienza dalla piattaforma friulana posta a meridione; *Flysch di Clodig*, del Maastrichtiano inf., rappresentato da calcareniti con associate breccie e calcilutiti, ed arenarie da subordinate ad assenti che si ritrovano invece in strati sottili nelle torbiditi arenaceo-marnose con potenti orizzonti di breccia del *Flysch dello Judrio* (Maastrichtiano medio). Con le calcareniti, calciruditi, marne e subordinate arenarie del *Flysch di Brieka* si chiude la risedimentazione torbiditica del Cretacico.

Essa continua nel **Paleocene** con le peliti rossastre intercalate ad arenarie grigie del *Flysch di Calla* e con il sovrastante *Flysch di Masarolis*, prevalentemente arenaceo, con presenza di orizzonti calciclastici.

Per maggiori approfondimenti su queste unità informali si rimanda a TUNIS & VENTURINI (1984).

19b - L'unità che affiora sulla maggior parte dei colli orientali del Friuli, al piede delle Prealpi Giulie meridionali (TUNIS & VENTURINI, 1987), è rappresentata (fig. 41) dal *Flysch del Grivò* (Thanetiano-Ypresiano p.p.), con le sovrastanti *Marne e arenarie di Savorgnano* (Ypresiano p.p.). Litologicamente esso è caratterizzato, specie nella parte alta, dalle tipiche alternanze pelitico-arenacee in strati sottili, ma ancor più da una evidente successione di potenti megabanchi carbonatici corrispondenti a colossali olistostromi franati nel bacino torbiditico (ben 260 m di spessore raggiunge il famoso *Megastrato di Vernasso*; fig. 42). Questi megabanchi, la cui impostazione potrebbe essere imputata a scosse sismiche di grande energia, sono la dimostrazione dell'instabilità tettonica durante l'Eocene inf. del margine della piattaforma carbonatica friulana prossimo all'area di deposizione dei megastrati. Da alcuni di essi, caratterizzati dalla grana media e medio-fine delle areniti, si estraggono tuttora, specie



fig. 41 - Strati verticalizzati del *Flysch del Grivò* (alternanze di conglomerati, arenarie e marne) alla fronte dell'anticlinale della Bernadia (Bocca di Crosis, Tarcento).



fig. 42 - Lembi di flysch franati nel grande olistostroma eocenico del Megastrato di Vernasso (ex-cava per marne da cementi nella Valle del F. Natisone).

nei dintorni di Torreano di Cividale, le rinomate “pietre piasentine” che caratterizzano buona parte dell’edilizia friulana.

Data l’importanza sedimentologica, paleontologica, paleogeografia, storica nonché per l’evidenza morfologica dei due principali megabanchi (CATANI & TUNIS, 2001), seguibili lungo tutta la fascia collinare del Friuli orientale, è stato evidenziato l’andamento dei *Megastrati* di *M. Ioanaz* e di *Vernasso* (rispettivamente **a** e **b** sulla Carta, e noti come banchi n° 3 e 11 di FERUGLIO, 1925b) secondo la rappresentazione di TUNIS & VENTURINI (1984).

Età e facies analoghe mostrano anche le torbiditi silicoclastiche affioranti ad occidente, alla base della successione terrigena delle Prealpi Carniche (*fm. di Val Tremugna* e *Flysch di Claut*).

Il *Flysch di Cormons* (correlabile per età e facies con il *Flysch di Clauzet*) nell’Ypresiano med.-sup.-Luteziano inf. rappresenta nella parte sommitale depositi di ambiente deltizio costituiti dalle classiche alternanze pelitico-arenacee con sporadici livelli carbonatici, di modesto spessore, con frequenti clasti di quarzo e selce. Essi chiudono la successione torbiditica regionale, complessivamente potente oltre 4.000 m.

Per assenza di dati precisi, dovuti anche alla tettonica ed all’intensa urbanizzazione, i depositi torbiditici sui quali sorge la città di Trieste, e zone limitrofe (*Flysch di Trieste*; D’AMBROSI, 1955), non sono ben collocabili nel tempo e nello spazio. Le litologie sono simili a quelle del *Flysch di Cormons* ma se ne può ipotizzare la sedimentazione in un bacino di mare più profondo ed un’età che potrebbe raggiungere l’**Eocene medio**. Si segnala che, per necessità di semplificazione nonché per la scala adottata, è stata qui accorpata anche quell’unità in facies di calcari marnosi e marne (*Marne a Cancer*) che in affioramenti discontinui poggia sul tetto della piattaforma carbonatica del Carso triestino, precludendo l’arrivo del flysch, ma che non rappresenta una facies torbiditica bensì una sedimentazione di mare più profondo della piattaforma stessa.

20a - Al livello attuale delle conoscenze, l’assenza nella successione stratigrafica regionale di depositi marini sicuramente databili all’Eocene sup. e all’Oligocene fa supporre che la successione fin qui descritta fosse ormai emersa, specie nel settore più orientale, o stesse emergendo a seguito delle spinte orogenetiche delle fasi rispettivamente eo- e mesoalpina. Si ricorda che sono stati dubitativamente attribuiti all’**Oligocene sup.** (VENTURINI & TUNIS, 1991) solo limitati accumuli di ruditi calcaree (*breccia di Peonis*, abitato delle Prealpi Carniche orientali), affioranti alla base della molassa neogenica e trasgressive sulle torbiditi eoceniche. Al Cattiano viene attribuita anche la base dei depositi di piattaforma

terrigeno-carbonatici ricchi di glauconite del *Gruppo di Cavanella*, la cui sommità raggiunge il Langhiano, rinvenuti in pozzo.

Nel **Miocene inf.** (Aquitano) sul flysch eocenico deformato in più punti il mare avanza nuovamente, limitato verso N dalla catena alpina orientale e a E da quella dinarica che in esso riverberano i prodotti del loro smantellamento dando origine alla potente sedimentazione molassica del bacino veneto-friulano (MASSARI *et al.*, 1984). Le acque si mantengono in condizioni poco profonde, com’è testimoniato dalla base della sequenza molassica. Essa inizia, almeno nella classica successione del T. Meduna (STEFANI, 1984), con calcareniti grossolane di ambiente costiero, seguite da siltiti e arenarie grigie a stratificazione incrociata ricche di resti vegetali, pettinidi, ostreidi, gasteropodi (*Arenaria di Preplans*) di ambiente deltizio. I ciottoli carbonatici, selciferi e metamorfici presenti nei locali livelli conglomeratici indicano le aree sorgenti, cioè la catena alpina e quella dinarica in via di progressivo sollevamento. Seguono areniti glauconitiche grossolane verdastre a pettinidi e rari ciottoli di selce e marne calcaree (*Marna di Bolago*), alternanze per 100-150 m di areniti glauconitiche e siltiti arenacee bioturbate (*Arenaria di S. Gregorio*), peliti con resti di molluschi e coralli (*Marna di Monfumo*) in condizioni di progressivo approfondimento dell’avanfossa fino al Burdigaliano. I 200 m delle successive areniti glauconitiche e biocalciruditi della *fm. del M. Baldo* (Langhiano) indicano invece una stasi nella sedimentazione e preannunciano la successiva tendenza regressiva.

20b - La riduzione del livello del mare, fino al suo ritiro definitivo, è documentata inizialmente da 400 m di marne siltose grigie a bivalvi (*Marna di Tarzo*, *Marne di S. Donà*) del Serravalliano e dalle successive alternanze di areniti e siltiti grigie a gasteropodi (*Arenaria di Vittorio Veneto*) di ambiente deltizio, sviluppatesi per 350 m di potenza nel Tortoniano. Prevalenti conglomerati poligenici ed eterometrici a clasti di natura carbonatica, e subordinate siltiti ed arenarie, inizialmente marine poi francamente continentali (*Conglomerato del Montello*), chiudono nel Messiniano la successione della molassa neogenica con 900 m di potenza, colmando l’avanfossa e testimoniando l’emersione definitiva dell’intera catena.

7.7 - Coperture quaternarie

La quasi totalità dei depositi quaternari è di origine continentale, fatta eccezione per limitati lembi di depositi sabbiosi nel settore lagunare emerso e per le spiagge del settore costiero. Si è però ritenuto utile rappresentare, seguendo la filosofia del Progetto CARG, anche la composizione dei sedimenti lagunari e di quelli dei fondali marini attuali dell’Alto Adriatico.

Per quanto attiene l’attribuzione cronologica, questi ultimi sono stati collocati nell’Attuale mentre, in carenza di datazioni precise per i depositi continentali ed in assenza di dati estrapolabili a corpi deposizionali di significato regionale, si è scelto di adottare una distinzione cronologica abbastanza ampia. Con questa filosofia sono state attribuite al **Pleistocene inf. e medio** solo le litofacies conglomeratiche dei depositi successivi all’ultimo momento deposizionale delle molasse cenozoiche e precedenti la massima espansione glaciale (LGM = Last Glacial Maximum).

Al **Pleistocene sup.** è invece stata attribuita la totalità dei depositi glaciali (almeno quelli affioranti) e la quasi totalità dei depositi alluvionali e fluvio-glaciali costituenti l’alta pianura friulana, con l’eccezione di quelli olocenici di seguito descritti.

Al più ampio intervallo **Pleistocene sup.-Olocene** sono stati attribuiti i depositi quaternari intravallivi del settore montano, con particolare riferimento a quelli alluvionali, ormai coperti da

vegetazione ed assestati. L'estensione anche all'**Olocene** è conseguente al rinvenimento, in più punti (vedi oltre), di sedimenti lacustri datati radiometricamente meno di 10.000 anni da oggi.

Sono stati attribuiti, invece, al solo Olocene i depositi degli alvei attuali dei principali corsi d'acqua del settore montano, nonché quelli deposti in epoca post-glaciale in pianura, secondo quanto riportato da COMEL *et al.* (1982) per il settore orientale e da MONEGATO e PAIERO (Note illustrative dei Fⁱ CARG "Udine", "Maniago" e "S. Vito al Tagliamento" di ZANFERRARI *et al.*, in pubbl.) per quello centrale e occidentale. Sulla base di datazioni assolute sono olocenici anche i depositi della piana di Osoppo, quelli delle depressioni lacustri e palustri all'interno delle cerchie dell'anfiteatro glaciale, i depositi di sabbie non cementate e di argille non consolidate che si estendono per lo più a meridione della linea delle risorgive, nonché tutti i depositi lagunari e marini.

Per quanto riguarda le età precise dei corpi quaternari differenziati, cartografati nei Fogli "Udine", "Maniago" e "S. Vito" del Progetto CARG-Friuli, si rimanda alle attribuzioni cronostratigrafiche indicate nelle relative legende e nelle Note illustrative (ZANFERRARI *et al.*, in prep.).

Il Quaternario continentale è rappresentato da depositi glaciali, fluvioglaciali, fluviali, lacustri e fluviolacustri di età per lo più tardo-pleistocenica, come i rilievi dell'anfiteatro morenico e gli enormi sistemi deposizionali, in facies di conoidi alluvionali, del Cellina, del Meduna, del Tagliamento, del Torre, del Natisone e dell'Isonzo che, coalescenti fra loro, hanno dato origine alla massima parte della pianura friulana. I depositi olocenici sovrapposti corrispondono per lo più agli alvei attuali dei corsi d'acqua principali.

21 - Le facies conglomeratiche alluvionali dei depositi quaternari più antichi, prive di fossili, non ne consentono ancora una precisa datazione. Tuttavia la loro posizione stratigrafica rispetto a depositi relativamente più recenti consente di attribuire al **Pleistocene inf. e medio** (in alcuni casi forse prima) estesi lembi di depositi alluvionali talora ben cementati che si rinvenivano sia nei settori alpini intravallivi sia nell'alta pianura friulana cioè, in genere, tutti i depositi precedenti la massima espansione glaciale (LGM).

Tra i primi si segnalano i conglomerati poligenici ed eterometrici ad abbondanti matrice e cemento carbonatico quali affiorano, con spessori di oltre 200 m, lungo la valle del Tagliamento marcando il suo percorso montano (*Conglomerati del Tagliamento*). Essi, specie alla terminazione meridionale dei loro affioramenti, rivelano vistosi fenomeni di deformazione (faglie, *tilting*, pieghe come la sinclinale del colle di Cesclàns) a dimostrazione dell'intensa attività tettonica recente del fronte esterno della catena. In conglomerati pleistocenici sono anche il terrazzo di Erba (a monte di Tarcento), il Colle di Udine, il terrazzo di Buttrio ed i rilievi isolati dell'alta pianura friulana a Pasian di Prato, Pozzuolo, Orgnano, Variano e Carpenedo. Essi rivestono grande significato geodinamico in quanto testimonianze di sollevamenti recenti ed in atto, così come i depositi antichi del Natisone, ben affioranti ai ponti di Cividale e di Premariacco sulle forre create dall'erosione del fiume per sollevamento del settore (fig. 43).

22 - Sotto questo termine si intendono estese placche di brecce di pendio ben cementate con clasti a spigoli vivi di dimensioni anche metriche. Esse sono attribuibili sia a relitti di antichi conoidi detritici (ASTORI & VENTURINI, 2004) rimasti spesso pensili per erosione e/o per sollevamento (ad es. le brecce di Portis), sia a lembi di paleofrane, sia a detriti di falda (ad es. Sella Nevea). Nei primi casi la composizione dei clasti rispecchia quella delle formazioni rocciose affioranti più in quota, nell'ultimo caso la natura dei clasti è più varia. In assenza di singole



fig. 43 - I conglomerati pleistocenici al ponte di Premariacco sul F. Natisone.

datazioni precise le brecce di pendio nel complesso sono state riferite genericamente al **Pleistocene l.s.**

23 - Sono qui compresi tutti i depositi non classati, per lo più non cementati, molto eterogenei per granulometria e composizione (fig. 44) in quanto di origine glaciale. Essi sono prevalentemente ghiaiosi, con matrice di sabbie e limi in percentuali molto variabili, spesso inglobanti blocchi (massi erratici) di dimensioni anche colossali (il "Masso Pirona", sull'argine interno che separa i due laghi di Fusine, ha un volume stimato circa 40.000 m³). Questi depositi costituiscono le principali cerchie dell'anfiteatro morenico del Tagliamento (CARG Udine, 2005; VENTURINI *et al.*, 2005) nonché i depositi glaciali del settore montano, dalle quote di fondo valle ai circa 1600-1700 m di altitudine (e più, procedendo a N), quote raggiunte dalla grande calotta glaciale würmiana. Cronologicamente i depositi sono attribuiti al **Pleistocene sup.** Per maggiori approfondimenti sul glacialismo del Friuli si rimanda a MUSCIO (2003).

24 - I sedimenti fluvioglaciali ed alluvionali del **Pleistocene sup.** costituiscono i corpi quaternari più estesi della pianura friulana. La loro genesi si deve al deposito di materiali prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi, specie nella parte alta della pianura, operato dai fiumi di importanza regionale (specie Cormor, Corno e Tagliamento). Essi defluivano dalla catena alpina ed erano oltremodo carichi di materiali detritici di varia natura e pezzatura specie al ritiro delle masse glaciali che ne coprivano gran parte della superficie.



fig. 44 - Deposito glaciale eterogeneo nelle dimensioni dei clasti e nella composizione (base della Creta di Lovea).

La loro deposizione è avvenuta secondo le leggi della selezione granulometrica nel grande contenitore destinato ad accogliere la futura pianura friulana. La continuità laterale dei depositi fluvio-glaciali ed alluvionali pleistocenici è interrotta dalla deposizione dei sedimenti olocenici ed attuali operata dal divagare più recente dei principali fiumi regionali al loro sbocco in pianura.

25 - Sono stati differenziati dai precedenti sedimenti alluvionali non solo perché tipici del settore montano ma anche per la loro genesi (non collegata necessariamente al glacialismo) nonché per la loro età estesa al più ampio intervallo **Pleistocene sup.-Olocene**.

Si tratta in particolare dei depositi alluvionali di fondo valle del settore montano, spesso terrazzati, ormai coperti da vegetazione ed assestati, pensili rispetto ai depositi attuali sui quali si affacciano con scarpate di terrazzo di varia altezza, ed esondabili solo in occasione di eventi critici. L'estensione della loro età anche all'Olocene è conseguente al rinvenimento, in più punti (vedi oltre), di sedimenti lacustri datati radiometricamente meno di 10.000 anni da oggi.

26 - Sono i depositi prevalentemente alluvionali olocenici ed attuali in continua alimentazione, evoluzione e deposito. Nel settore montano occupano gli alvei attuali dei fiumi e dei torrenti. Nella pianura interrompono con le loro estese lingue biancheggianti la continuità laterale dei depositi pleistocenici (fig. 45), mentre nel settore litoraneo tendono, a loro volta, ad essere interrotti dai terreni delle aree di bonifica che li mascherano.



fig. 45 - I bianchi depositi alluvionali olocenici in alimentazione continua hanno inciso la continuità laterale di quelli pleistocenici stabilizzati dei conoidi del Cellina e del Meduna.

27 - I sedimenti palustri e lacustri, talora torbosi sono diffusi, in superfici limitate, specie nelle depressioni fra i cordoni morenici dell'anfiteatro glaciale (ove le torbe furono sfruttate nei secoli passati per usi domestici, agricoli e, limitatamente, industriali) e stanno a rappresentare lembi relitti di piccoli bacini lacustri dopo il ritiro dei ghiacci würmiani. **Olocene-Attuale**.

28 - I detriti di falda attuali si estendono al piede delle pareti rocciose fungendo da termini di raccordo fra le rocce affioranti ed i sedimenti pleistocenici e/o olocenici degli alvei fluviali. Sono i prodotti di accumulo dei clasti derivanti dai processi di crioclastismo, termoclastismo e tettonici convogliati a valle specie dalla forza di gravità e solo in parte dalle acque meteoriche. Pertanto la granulometria dei clasti risponde alle leggi del trasporto selettivo con i blocchi di maggiori dimensioni prevalenti

verso l'unghia inferiore del detrito di falda. La natura dei clasti rispecchia ovviamente la litologia delle formazioni rocciose sovrastanti. I depositi di maggiori dimensioni si rinvencono al piede degli affioramenti carbonatici, dolomitici in particolare.

29 - I sedimenti quaternari del settore marino e lagunare costituiscono un esteso prisma sedimentario costiero costruito dagli apporti progradanti dell'apparato deltizio sottomarino del Tagliamento che tende a saldarsi, verso oriente, con quello dell'Isonzo. Il Quaternario di transizione è dato dai sedimenti delle lagune di Marano e di Grado che, si ricorda, costituiscono uno dei sistemi paralici meglio conservati d'Italia e pertanto di altissima valenza scientifica dal punto di vista naturalistico. Tutte le unità cartografate sono di età olocenica.

30 - Sono state qui raggruppate tutte le estese aree oggetto di imponenti interventi di bonifica nonché quelle più limitate, alla scala della carta, oggetto di riporti artificiali. Le prime (riprese da COMEL, 1950) hanno interessato quasi 80.000 ha della Bassa Pianura friulana specialmente nei suoi settori lagunari (fig. 46) e costieri. Le bonifiche, iniziate nel 1690 ad opera di Antonio Savorgnan, a Torre di Zuino (ora Torviscosa), sono proseguite nei secoli successivi con imponenti operazioni di risanamento idraulico mantenute tutt'oggi dal Consorzio di Bonifica Bassa Friulana (TAGLIAFERRI *et al.* 1990). Si tratta di opere che hanno portato più che altro al rimaneggiamento dei terreni *in situ* senza modificarne, nel complesso, natura e composizione.

Le aree di riporto artificiale invece, come dice il nome, hanno comportato spesso l'immissione di materiali alloctoni usati per il tombamento di terreni destinati ad usi urbani (parte della città di Trieste prospiciente il mare) ed industriali (valle delle Noghere, cantieri di Monfalcone,...). Trattandosi di interventi antropici recenti tutte queste aree sono riferite all'**Attuale**.

8 - Simboli

Si è ritenuto utile fornire qualche commento sintetico sui simboli delle forme e dei depositi utilizzati nella legenda⁶ per aumentare, anche attraverso ulteriori indicazioni bibliografiche, le conoscenze sul territorio.

8.1 - Cordoni morenici

I principali cordoni dell'anfiteatro morenico del Tagliamento sono stati sinteticamente rappresentati sulla base dell'analisi del



fig. 46 - Interventi antropici sul territorio: le valli da pesca di Marano lagunare.

⁶ Si è ritenuto altresì che i simboli relativi alle giaciture delle formazioni rocciose e, in genere i simboli strutturali, non necessitassero di spiegazioni in quanto di significato noto.

suo modello tridimensionale e dei dati, semplificati e ridisegnati, di VENTURINI (1988), SGOBINO (1992), VENTURINI *et al.* (2005) e del F° Udine del CARG-Friuli (2005). Essi sono quasi tutti attribuibili alla glaciazione würmiana che ha mascherato i precedenti depositi rissiani, un tempo (FERUGLIO, 1925) ritenuti affioranti all'unglia sud-orientale dei rilievi morenici più esterni.

Dai lavori citati è evidente come la struttura dell'anfiteatro sia costituita da tre cerchie concentriche con concavità a Nord, cioè verso la lingua terminale del ghiacciaio del Tagliamento. Ciascuna di esse corrisponde a momenti di maggior stazionamento del fronte glaciale, via via più recente mano a mano che esso si ritirava. Le cerchie si sviluppano, con raggio progressivamente decrescente, a partire dalla più esterna, più estesa e pressoché continua da S. Daniele a Qualso. Essa corrisponde al massimo avanzamento raggiunto dal fronte glaciale, almeno nella forma meglio conservata in quanto resti di morene e di trovanti, affioranti o in pozzo, sono segnalati più a Sud, fino a Terenzano (VENTURINI, 1988). Alla fronte di questa cerchia sono ancora apprezzabili gli scaricatori glaciali, cioè le tre principali bocche del ghiacciaio tilaventino dalle quali uscivano le acque di fusione e sulle quali si imposteranno i torrenti Cormor e Corno ed il fiume Tagliamento.

La seconda cerchia o intermedia è più discontinua e si sviluppa attorno a Colloredo e a monte di Cassacco. La cerchia più interna, che chiude a meridione il bacino lacustre glaciale del Campo di Osoppo, è sfrangiata dalla presenza dei rilievi eocenici dei colli di Buia, emergenti dai depositi glaciali dell'anfiteatro.

Per maggiori informazioni sull'anfiteatro morenico e sul glacialismo della regione in genere si veda VENTURINI (in MUSCIO, 2003).

8.2 - Aree con fenomeni carsici

E' noto che il carsismo si produce con maggior facilità sulle rocce calcaree per cui, analizzando le litologie regionali, si può affermare che le fenomenologie carsiche sono estremamente diffuse sul territorio fino ad occupare circa 1900 km² di esso, pari al 40% dei rilievi (CUCCHI, in VAI *et al.*, 2002). Si ricordi poi che l'etimo del fenomeno, usato internazionalmente, deriva proprio dal Carso, porzione del territorio regionale oltremodo caratteristica sotto questo profilo.

In realtà, se è vero che il carsismo è diffuso in corrispondenza di tutte le aree di affioramento dei calcari, certe unità litostratigrafiche sono privilegiate nell'ospitare le maggiori manifestazioni epigee ed ipogee del carsismo, alcune delle quali ampiamente note anche dal punto di vista turistico: i calcari devonici (fig. 47) (si pensi, ad es. al Fontanone di Timau), i calcari retici del Dachstein (Pian delle Erbe, sull'altopiano del Canin, ove si apre il più grande sistema carsico della Regione; quote medio-alte del M. Verzegnis,...), il Calcare del Vajont del Giurassico medio, i Calcari del Cellina e di M. Cavallo (sistema ipogeo delle Grotte di Pradis,...), le unità calcaree della "Fm. del Carso triestino" (la grandiosa "Grotta Gigante" per citare un esempio per tutti) tutte di età cretacea sup. Il carsismo non manca in unità apparentemente esenti da tale fenomeno, quali quelle torbiditiche, ove invece è presente in corrispondenza di potenti banchi calcarenitici e calciruditici al loro interno (grotte di Villanova, S. Giovanni d'Antro,...).

Fenomeni di carsismo sono presenti anche nelle unità gessose di età permiana (Sauris, Val Pesarina, Forcella Duròn,...) e carnica (Enemonzo, media Val Tagliamento in genere). Tali manifestazioni (CUCCHI & PIANO, 2002) sono più vistose nelle fenomenologie epigee ("doline alluvionali", sprofondamenti, ...) anche se gli effetti superficiali sono da imputarsi al carsismo ipogeo



fig. 47 - Profondi *Rinnenkarren* nei calcari devonici del M. Malvueric.

delle rocce gessose: emblematici a tal proposito sono i campanili pendenti di Prato Carnico e di Quinis.

Da citare, infine, che al carsismo sono legate le copiose risorgenze di acque di due fiumi regionali, dal percorso sotterraneo ancora non del tutto conosciuto: il Timavo (dalle bocche di S. Giovanni) ed il Livenza (dalle sorgenti del Gorgazzo e della Santissima; fig. 48), nonchè alcuni laghi la cui periodica scomparsa della tavola d'acqua superficiale è legata alle oscillazioni della falda freatica carsica (es. Lago di Doberdò).

8.3 - Corpi di accumulo di paleofrana (e depositi paleolacustri connessi)

Il termine "paleofrana" è inteso come fenomeno avvenuto in epoca della quale non esiste documentazione scritta. Infatti, specie in epoca tardoglaciale in più punti delle valli alpine volumi anche enormi di materiali sono scesi a valle per cause diverse, quali l'innalzamento del limite inferiore del *permafrost*, le scosse sismiche,.....

La loro messa in posto ha sbarrato in più casi i corsi d'acqua provocando la formazione, a monte di essi, di specchi lacustri effimeri, oggi scomparsi ma testimoniati dai limi lacustri di fondo. Il rinvenimento di resti carboniosi, residui della vegetazione palustre, ha consentito in molti casi la datazione assoluta



fig. 48 - Le limpide acque del Gorgazzo, risorgive del F. Livenza assieme a quelle vicine della Santissima, rappresentano uno dei punti di emergenza dell'acquifero del Cansiglio-Cavallo in calcari tardo-cretacici carsificabili.

dei depositi, e quindi delle paleofrane, mediante il metodo del radiocarbonio (C^{14}).

Tra queste si ricordano le marocche di Sacròvit (Forni di sotto) scese dalle pareti meridionali del Clap di Lavres (PISA, 1972) con la formazione di un esteso paleolago, circa 9.400 anni addietro (MARTINIS, 1985) (fig. 49)⁷, e la paleofrana alle sorgenti del Torre scesa lungo le superfici di strato a franapoggio delle pareti settentrionali del M. Tanavasagio. Il lago che si formò ebbe durata da circa 8300 anni (CAVALLIN & MARTINIS, 1986) a circa 4.000 anni dal presente (GAROFALO & PUGLIESE, 1990).

Invece la formazione del lago di Sutrio, anche se preceduta da paleofrane dai M. ti di Rivo e Cucco, si deve principalmente all'avanzata del conoide di Alzeri (Arta Terme), alimentata dalle degradabili formazioni anisiche, ed al conseguente sbarramento del T. But circa 5.000 anni fa (MARTINIS, 1979;



fig. 49 - I limi lacustri del paleolago di Forni di sotto affioranti all'unghia del conoide del T. Auza affacciata sull'alveo del F. Tagliamento.

VENTURINI *et al.*, 2005). Evoluzione simile ebbe pure il lago di Paularo per un'iniziale frana staccatasi poco a N dell'abitato di Lovea (VENTURINI, in MUSCIO, 2003) con conseguente sbarramento del corso del T. Chiarsò d'Incarojo nell'Olocene inf.

Il bacino lacustre della conca di Tramonti si formò invece circa 10-15 mila anni fa (CAVALLIN & MARTINIS, 1981) e la sua origine è da imputarsi a sbarramento morenico (VENTURINI, 1986b). Analoga causa, ma età più giovane (9.100 anni), si deve imputare per un paleolago di limitata estensione testimoniato da depositi glacio-lacustri affioranti in Val Settimana, all'altezza del ponte di Malga Sette Fontane (CALZAVARA *et al.*, 1981).

Lo svuotamento di questi laghi si verificò o per tracimazione delle acque con incisione della soglia di sbarramento o per erosione regressiva del corso d'acqua a valle. Per maggiori approfondimenti si rimanda anche all'apposito capitolo trattato da VENTURINI (in MUSCIO, 2003).

Tra gli altri corpi di paleofrana si ricordano quelli in Val d'Arzino (Masarà e vicini), (GIRARDI *et al.*, 1981), quello del Prà Castello, alle spalle di Tolmezzo, sceso dalle pareti meridionali del M. Strabut (GORTANI, 1911), gli accumuli sui versanti occidentali ed orientali del gruppo del M. Sernio e quello sull'alto corso del Rio Bombaso, a N di Pontebba, parzialmente riattivato di recente con la chiusura della strada per il Passo di Pramollo. Si segnala ancora il corpo di paleofrana di Casera Casavento (Claut) nel Parco Naturale delle Dolomiti Friulane, in blocchi di Dolomia Principale, in uno dei quali sono state rinvenute impronte di Teropodi (Dinosauri carnivori).

Significato del tutto particolare di paleofrana, in quanto risalente al Cenozoico, assumono i colossali olistoliti calcarei di età paleocenica che, immersi nel flysch eocenico della costa triestina, formano il promontorio di Miramare fungendo anche da base dell'omonimo Castello.

8.4 - Corpi di accumulo di frana

Si tratta di corpi di frana di notevole cubatura avvenuti in epoca storica. Per motivi di cartografabilità sono state riportate solamente le maggiori, cioè le frane di Borta e quella del Vajont. La prima (fig. 50) si staccò il 15 agosto 1962 dalle pendici settentrionali del M. Auda, in corrispondenza della facies di scarpata dei locali affioramenti di *Dolomia Principale*. La frana, innescata forse anche da una crisi sismica e facilitata dagli strati a franapoggio utilizzati come piano di scivolamento, scese a valle in modo unitario, non disarticolato, con meccanismi analoghi a quelli della frana del Vajont. Essa seppellì l'abitato di Borta (o Buarta) con la morte di 53 abitanti, ed accumulò nell'alveo del Tagliamento un volume di massa franata di circa 30.000.000 di m^3 con la conseguente formazione di un laghetto effimero a monte (CAVALLIN & MARTINIS, 1974).

La frana del Vajont si staccò il 9 ottobre 1963 dal versante settentrionale del M. Toc ed utilizzò come piano di scivolamento i plastici livelli della *Fm. di Fonzaso*, anch'essi con assetto a franapoggio. La frana, a causa dell'onda devastante fuoriuscita dall'invaso idroelettrico, causò quasi 2.000 vittime creando al piede un accumulo di circa 270.000.000 di m^3 di materiale franato che riempì quasi totalmente l'invaso (SEMENZA, 2001).

Tra le frane storiche di minore entità si ricordano, tra le altre, quella di Clauzetto avvenuta nel marzo del 1914 (GORTANI, 1915), di Cazzaso (MARINELLI, 1898), le frane dell'alta valle del But (Cleulis, laghetti di Timau, ...), la frana del Masareit in Val d'Aupa (CARULLI *et al.*, 1987), la miriade di frane di varie dimensioni e natura conseguenti ai terremoti del 1976 e 1977 (MARTINIS, a cura di, 1979) e quelle, ancora in evoluzione e oggetto di monitoraggio, di Salars (Ravascletto), Prato Carnico, Passo della Morte e della strada Pontebba-Passo Pramollo che hanno riattivato una parte dei relativi corpi di paleofrana.



fig. 50 - Il corpo di accumulo della frana di Borta e la sua nicchia di distacco sulle pendici settentrionali del M. Auda (Caprizzi).

⁷ Nello stesso settore, al piede meridionale del M. Tinisa, una paleofrana di età non determinata si è rimessa in movimento creando i noti problemi di viabilità alla S.S. 52 in corrispondenza del Passo della Morte.

8.5 - Conoidi alluvionali

I conoidi alluvionali sono ampiamente diffusi nei settori alpino e prealpino tanto da essere elemento morfologico caratterizzante il paesaggio (Gemona, Tolmezzo,...). Essi si sono impostati allo sbocco in pianura dei principali fiumi regionali (i maggiori per volume, ma con minore pendenza) e dei loro affluenti in montagna (di minor volume ma con maggior pendenza e conseguente massima evidenza). Fra i primi, quelli del Cellina, Meduna (vedi di seguito), Tagliamento, Torre ed Isonzo sono fra i più grandi sistemi deposizionali dell'intera pianura veneto-friulana.

I conoidi si sono formati, e per buona parte si stanno formando per continua alimentazione di materiali detritici trasportati, allo sbocco nel collettore principale di vallette minori per lo più impostate su linee strutturali. Infatti le acque di apporto dei materiali trovano spesso alimentazione nelle cataclasi prodotte dalla frammentazione minuta delle rocce per cause tettoniche.

Emblematici, a tale proposito, sono il conoide del T. Vegliato, su cui sorge l'abitato di Gemona, prodotto dell'attività della *linea Barcis-Staro Selo* e il conoide dei Rivoli Bianchi, alle porte di Tolmezzo, alimentato dalla *linea della Citate* che taglia il diedro del M. Amariana. Ambedue i conoidi presentano un volume ($3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ il primo, $0,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ il secondo) sproporzionato rispetto alle minime estensioni dei rispettivi bacini di alimentazione per cui una delle cause del notevole accumulo, assieme all'elevato tasso annuale di precipitazioni della zona, si può individuare anche nell'attività geodinamica in atto.

Altri esempi di abitati posti su conoide nelle valli alpine o al piede dei rilievi prealpini, vanno cercati ad Arta, Forni di sotto e di sopra, Ovaro, Dardago... e, meno avvertiti per la minor pendenza, a Villa Santina, Paluzza, Comeglians,...

La maggior parte dei conoidi sia di pianura che del settore montano è stabilizzata e colonizzata per cui è sede, come detto, di insediamenti e di attività antropiche. Solo un ramo di essi, nella maggior parte dei casi, è attivo ma per lo più regimato ed idraulicamente controllato in modo da consentire il regolare deflusso a valle delle acque con il relativo carico solido trasportato, anche se, in alcuni casi, o per inadeguatezza delle opere o per eccezionalità dell'evento (vedi il caso di Ugovizza nel settembre 2003) ciò non si è verificato.

8.6 - Conoidi alluvionali dei torrenti Cellina e Meduna

Questi due enormi conoidi, sede degli estesi ed aridi "magredi", sono stati differenziati dagli altri conoidi pedemontani e montani, non perché cause e modalità di accumulo siano diverse ma solamente per le caratteristiche geometriche che essi presentano (dimensioni, in primo luogo). Infatti, questi conoidi costituiscono una delle espressioni morfologiche più caratterizzanti del territorio regionale in quanto estesi e conservati al punto da essere elemento fisiografico evidente anche nelle immagini da satellite. Non è stato rappresentato invece l'ancor più esteso, ma più depressso e sfrangiato, conoide del F. Tagliamento perché la relativa simbologia avrebbe finito con il confondere, con la sovrapposizione di troppi simboli, le sottostanti informazioni tessiturali.

Il conoide del T. Cellina, il più ampio, estende il ventaglio di dispersione dei suoi apporti alla base delle Prealpi Carniche su un arco di circa 150° , fino alla terminazione occidentale della "linea delle risorgive" che ne delimita il piede. Lungo la direttrice Montereale Val Cellina (apice del conoide)-Pordenone (massima distanza dell'unghia dall'apice) esso si allunga per oltre 25 km con pendenze variabili fra 11,1 e 15,6‰ (ZENARI, 1929).

Il conoide del T. Meduna è decisamente più ridotto in tutti

i suoi parametri dimensionali e, nel suo fianco destro, si anastomizza con quello più orientale del Cellina. Nella porzione più settentrionale, allo sbocco in pianura del corso d'acqua, il suo sviluppo è stato arrestato dallo sbarramento allungato dei colli cenozoici di Sequals.

I potenti *megafan* del Cellina e del Meduna, noti in letteratura anche come "conoide Cellina-Meduna" o "conoide di Pordenone", presentano una diversa evoluzione tardo-quadernaria, più precoce per il Cellina, da mettersi in relazione con i notevoli cambiamenti climatici avvenuti tra la fine del Pleistocene e l'inizio dell'Olocene (AVIGLIANO *et al.*, 2002). Le alluvioni tardo pleistoceniche di ambedue i conoidi sono oggi incise, tramite potenti scarpate di terrazzo, dai biancheggianti depositi olocenici degli attuali scaricatori fluviali (fig.45).

8.7. Orli di terrazzo

Gli orli dei terrazzi sono stati rappresentati attingendo dalle carte geomorfologiche di CASTIGLIONI *et al.*, (1997) e di CAVALLIN *et al.* (1987). Essi normalmente tendono a delimitare, per buona parte dei casi, i depositi fluviali e fluvioglaciali del Pleistocene sup. rispetto a quelli olocenici ed attuali che li hanno incisi. I maggiori terrazzi in lunghezza ed altezza sono per lo più disposti nell'alta pianura friulana, allo sbocco in essa dei principali corsi d'acqua. Particolarmente evidenti sono quelli che bordano la sponda destra del F. Tagliamento, da Ragogna al ponte di Dignano, ove sono sviluppati lungo quasi 10 km, mantenendo altezze complessive della scarpata, anche se suddivise su più terrazzi d'ordine maggiore, fra i 55 m (Valeriano) ed i 24 m (Spilimbergo). Imponenti sono pure i terrazzi che incidono i megaconoidi alluvionali del Cellina e del Meduna.

Alcuni terrazzi (S. Daniele, Coseano,...) sono posti in corrispondenza dei bordi degli antichi scaricatori glaciali dell'anfiteatro morenico a dimostrazione della notevole capacità di trasporto ed erosiva operata dalle acque di fusione uscenti dalle porte del ghiacciaio, allo sbocco della cerchia morenica più esterna.

Anche in alcune conche vallive del settore montano (Val Resia, Val Tramontina, Val Raccolana, alta Val Cellina,...) sono sviluppati potenti terrazzi sui quali poggiano parte degli abitati, approfittando dell'ampia superficie pianeggiante, della posizione elevata rispetto a possibili esondazioni e delle buone caratteristiche di permeabilità da loro offerte.

8.8 - Miniere abbandonate

Numerose sono le manifestazioni metallifere sparse sui rilievi del territorio regionale ma per lo più di scarso o irrilevante interesse economico, essendo limitate a poche località quelle che furono oggetto di attività estrattiva nel passato (Cave del Predil, M. Avanza, M. Cocco, Val d'Aupa,...; fig. 51). Nella storia mineraria della regione hanno avuto discreta importanza anche i depositi di carbone (indicati con la lettera C), prevalentemente litantrace e rara antracite, del settore montano (Cludinico, Raveo, Fusea, Pizzul,...), essendo molto limitato lo sfruttamento di lignite e torba del Campo di Osoppo e dell'anfiteatro morenico.

Di questi giacimenti, che nel passato hanno avuto qualche interesse economico, sono riportati sulla Carta geologica solo quelli che furono oggetto di sfruttamento industriale, compatibilmente con l'epoca nella quale vennero coltivati e con le condizioni storiche nazionali e locali. Accanto a ciascuno di essi è riportato il simbolo dell'elemento i cui composti (solfuri, fluoruri, ossidi, carbonati, solfati,...) venivano estratti come prodotti



fig. 51 - Resti di antichi lavori minerari per l'estrazione di solfuri metallici nella Val d'Aupa (miniera di Saps).

minerari prevalenti: Pb = galena (PbS), Zn = blenda (ZnS), F = fluorite (CaF_2), Fe = siderite ($FeCO_3$), ematite (Fe_2O_3), Mn = siderite manganesifera (Fe, Mn) (CO_3), Cu = tetraedrite ($Cu_3(Sb, As)_3S_3$), Ba = barite ($BaSO_4$), C = carbone.

Per maggiori informazioni sui giacimenti e sulle manifestazioni metallifere in genere relativamente alla provincia di Udine si veda il lavoro di ZUCCHINI (1998).

8.9. Cave attive

Dopo la chiusura, purtroppo definitiva, della miniera di Raibl (Cave del Predil) nel 1991 l'unica attività estrattiva nella Regione è rappresentata dalle cave di materiali non metallici. Quelle attive alla data di stampa (fonte: Servizio geologico regionale) sono state distinte in:

- cave di pietre ornamentali che producono i cosiddetti "marmi" (termine da intendersi in senso commerciale, non petrografico). Esse (CARULLI & ONOFRI, 1966; 1969; CARULLI *et al.*, 1969) si concentrano nei distretti di Aurisina ("Roman Stone", "Granitello", "Aurisina fiorita",...) e Monrupino ("Repen classico") ove sfruttano i grigio-chiari calcari cretacei del Carso, simili a quelli coltivati nei dintorni di Clauzet ("Tipo Repen"); Cividale ove le grigio-brune bancate di calcareniti nel flysch eocenico forniscono le "pietre piacentine"; Verzegnis sfruttando, con alterne vicende dopo una affermata produzione di decenni addietro, i rossi livelli giurassici ("Rosso porfirico",...) del M. Lovinzola, e quelli giurassico-cretacici sfruttati ("Ramello") al M. Buscada, presso Erto; Timau volto alla coltivazione dei grigi e neri calcari devoniani venati da bianca calcite ("Grigio Timau", "Nero fiorito",...);
- cave di calcare (comprese quelle di "marmorino", carbonato di calcio purissimo, estratto nelle cave di Sarone, Caneva e Sacile all'estremo orientale della fascia pedemontana)
- cave di ghiaia, diffuse specie nell'Alta Pianura Friulana
- cave di argille situate al piede dei rilievi flyschoidi nonché nel corpo dell'anfiteatro morenico.

Tra le cave attive è stata distinta con il simbolo S l'unica cava attualmente in esercizio per la coltivazione del gesso ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

8.10 - La linea delle risorgive

E' stata rappresentata la linea delle risorgive (o dei fontanili) in quanto geograficamente (vedi Cap. 5) separa i sedimen-

ti prevalentemente grossolani, permeabili, dell'Alta Pianura friulana da quelli prevalentemente limoso-argillosi, meno permeabili, della Bassa Pianura. Tale limite consente la fuoriuscita delle pure e fresche acque di falda ($11-13\text{ }^{\circ}C$) in una serie di fontanili e piccoli corsi d'acqua che, scorrendo in superficie, irrigano perennemente la fascia più meridionale rendendola particolarmente fertile. La linea riportata sulla Carta corrisponde in realtà al limite settentrionale di un'estesa fascia di risorgenze d'acqua, profonda dai 5 ai 7 km, dal paesaggio suggestivo e di alta valenza naturalistica. Essa si estende per oltre 80 km in direzione WNW-ESE da Polcenigo a Monfalcone ed all'incirca in sua corrispondenza corre la SS 252 Palmanova-Codroipo, più nota come "Strada Napoleonica".

8.11 - Affioramenti rocciosi sottomarini

Si premette che non si tratta di affioramenti di substrato pre-quaternario, bensì di sedimenti olocenici diagenizzati che vanno sotto il nome di:

- *beachrock*, rappresentate da arenarie a cemento carbonatico con clasti medio-fini, in affioramenti estesi sino ad alcune centinaia di m^2 , con elevazione dal fondo di 5-30 cm;
- *reef*, rocce organogene costituite principalmente da alghe calcaree (*Lithophyllum*, *Peyssonelia* e *Lithothamnium*) associate a briozoi e serpule, in forma colonnare (pinnacoli) con elevazione dal fondo di 1-4 m;
- "arenarie calcaree", caratterizzate dalla stratificazione parallela e/o incrociata, in blocchi isolati con elevazione dal fondo di 1-3 m.

Le descrizioni e le localizzazioni sulla Carta sono tratte da BRAMBATI *et al.* (1988) e da GORDINI *et al.* (2005).

9 - Sovrasseggni

9.1 - Tessiture del dominio continentale

Per definire le tessiture ci si è avvalsi di quanto utilizzato nella cartografia CGT regionale, cioè riferendosi alla fig. 52 che esprime, mediante sigle, le granulometrie dominanti entro certi campi di variabilità.

Con questo significato:

- i "Sedimenti limoso-argillosi talora con sabbie e ghiaie subordinate" si devono intendere come rappresentativi del campo M, molto più raramente dei campi MS e MG;
- i "Sedimenti sabbioso-limosi talora con ghiaie subordinate" essenzialmente del campo SM, ma anche di SMG=SGM e, più raramente, di MSG=MGS e MS;
- i "Sedimenti sabbiosi talora con ghiaie e limi subordinati" vanno letti come rappresentativi dei campi S e, in parte, SG;
- i "Sedimenti ghiaioso-sabbiosi talora con limi subordinati" sono corrispondenti al campo GS = SG e, subordinati, GSM=GMS e GM;
- i "Sedimenti ghiaiosi talora con sabbie e limi subordinati" sono rappresentativi del campo G e, molto subordinatamente, di quelli GS e GM;
- i "Sedimenti ghiaiosi, con sabbie e limi in percentuali varie, spesso inglobanti blocchi" riferendosi ai depositi glaciali, data la loro eterogeneità, corrispondono localmente, nel corpo del deposito, a qualunque campo del diagramma ternario con preferenza per le sue classi centrali, con l'avvertenza che in questa categoria di sedimenti si rinvenivano anche clasti ben maggiori del diametro delle ghiaie, quali blocchi, massi erratici di

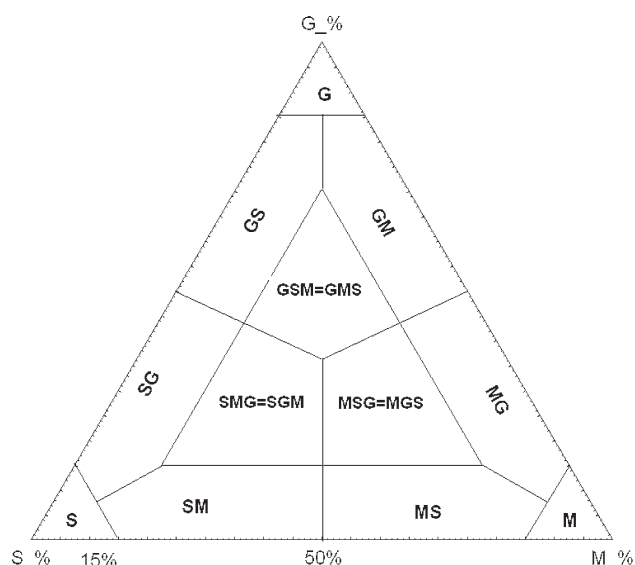


fig. 52 - Diagramma ternario rappresentativo delle tessiture dei depositi quaternari sciolti.

volumi anche plurimetrici.

Si specifica che gli areali cartografati sono rappresentativi, nelle grandi linee, dell'età e della composizione granulometrica prevalente in superficie ed estrapolabile in profondità ai primi metri di sottosuolo.

9.2 - Tessiture dei domini marini e lagunari

Gli areali rappresentati, per quanto riguarda i sedimenti di mare aperto, sono tratti dalla Carta sedimentologica di BRAMBATI *et al.* (1988), con dati inediti di G. CATANI, mentre quelli relativi alle lagune di Marano e di Grado sono tratti da MAROCCO (1995) e da GORDINI *et al.* (2003).

A causa della scala, sono state rappresentate con lo stesso simbolo della classe granulometrica localmente dominante anche lidi, barene, isole sabbiose e valli da pesca dei settori costieri e lagunari, che possono presentare tessiture granulometriche anche diverse.

La descrizione delle tessiture dei sedimenti lagunari e marini che segue è tratta dalla legenda della citata carta di BRAMBATI *et al.* (1988).

Peliti e argille: sedimenti terrigeni ad abbondante frazione organogena con granuli di diametro inferiore a $50 \mu\text{m}$, in tenori superiori al 95 % in peso. Le peliti sono di colore grigio scuro, grigio verde o nero; la frazione terrigena è costituita da granuli carbonatici, quarzosi e minerali argillosi in diverse proporzioni. Nella Baia di Panzano e nella laguna di Grado i minerali argillosi sono caratterizzati dall'associazione illite, smectite con caolinite e clorite subordinate. La frazione organogena è costituita da foraminiferi, ostracodi, lamellibranchi e gasteropodi. Le argille, di colore grigio scuro o nero, sono molto molli o molli organiche.

Peliti sabbiose: sedimenti terrigeni ad abbondante frazione organogena con granuli di diametro inferiore a $50 \mu\text{m}$, in tenori dal 95 % al 70 % in peso. Le peliti sabbiose sono di colore grigio verdastro o cenere, grigio plumbeo o nerastro, bruno chiaro per ossidazione. Rappresentano il termine di transizione per mescolamento di sabbie (litorali o di piattaforma) e peliti. Nella frazione sabbiosa la componente terrigena è subordinata a quella organogena. Sui fondali antistanti le foci dei fiumi friulani sono frequenti i frustoli vegetali.

Peliti molto sabbiose: sedimenti terrigeni a frazione organogena da scarsa ad abbondante con granuli di diametro inferiore a $50 \mu\text{m}$, in tenori compresi tra il 70 % e il 30 % in peso: i sedimenti sono di colore verdastro, nerastro o bruno chiaro per ossidazione. Rappresentano il termine di transizione per mescolamento di sabbie e peliti.

Sabbie pelitiche: sedimenti terrigeni a scarsa frazione organogena con granuli di diametro compreso fra 2.000 e $50 \mu\text{m}$, in tenori tra il 70 % e il 95 % in peso. Le sabbie pelitiche sono di colore grigio scuro e rappresentano termini di transizione per mescolamento di sabbie e peliti.

Sabbie: sedimenti terrigeni a scarsa frazione organogena con granuli di diametro compreso fra 2.000 e $50 \mu\text{m}$, in tenori superiori al 95 % in peso. Le sabbie, di colore grigio chiaro-beige, sono a granulometria media e medio-fine sottomarina (sabbie litorali) e a granulometria media al largo (sabbie di piattaforma); la frazione terrigena è costituita per la quasi totalità (>80%) da carbonati cui si associano minerali pesanti quali picotite, ultrastabili (ZTR) e granato nelle sabbie litorali, augite, granato ed orneblenda nelle sabbie di piattaforma. In queste ultime la frazione organogena è costituita da rari foraminiferi, ostracodi, lamellibranchi, gasteropodi e radioli di echinidi.

10 - Schemi

10.1 - Sezioni geologiche

Le sezioni geologiche sono state scelte, come d'uso, secondo tracciati significativi tali da illustrare non solo l'assetto strutturale superficiale e profondo del territorio (nonché i grandi domini paleogeografici che hanno presieduto alla sua evoluzione geologica meso- e cenozoica) ma anche da coprire strategicamente, a ventaglio, l'intera regione. La loro ubicazione è riportata nello schema "Inquadramento strutturale".

Per rappresentare tale mole di dati, notevolmente estesi in lunghezza e profondità, è stato necessario ridurre la scala utilizzata per la Carta, portandola ad 1:300 000. Di conseguenza, si è reso necessario utilizzare legende di minore dettaglio e distinte per le unità affioranti da quelle sepolte data la natura diversa dei dati utilizzati (geologici i primi e geofisici i secondi). Infatti, è risultato impossibile riportare a tale scala tutte le distinzioni stratigrafiche usate per le unità affioranti e, men che meno, nel sottosuolo dove i dati stratigrafici si basano sui principali riflettori ottenuti dalla prospezione sismica profonda.

Alcune sezioni sono state tarate su pozzi realizzati dall'AGIP per la ricerca di idrocarburi, particolarmente importanti per i risultati stratigrafici raggiunti mentre, per la parte più profonda si basano sulle linee sismiche registrate dallo stesso Ente anche in anni recenti.

Per la rappresentazione geologica del sottosuolo della pianura e del mare sono stati utilizzati, ridisegnati e parzialmente modificati, transetti delle sezioni tratte da NICOLICH *et al.* (2004), realizzate con le metodologie sopra indicate, e ad esse ci si è agganciati per proseguire sui rilievi alcune sezioni geologiche in continuità.

La sezione A-A', per il tratto dal M. Pramaggiore al M. Resettum è tratta, ridisegnata e semplificata da CARULLI *et al.* (2000), mentre il restante transetto meridionale relativo al settore prealpino è stato realizzato *ex-novo*. La sezione mette in evidenza il tipico stile strutturale a fitte scaglie tettoniche sudvergenti che domina nel settore prealpino affacciato sull'avanzata sudalpina, ancora poco deformata nella sua porzione sepolta.

Più a S è netto l'alto strutturale della Piattaforma friulana rispetto al Bacino bellunese qui rappresentato nella sua porzione sud-orientale.

La sezione B-B', tratta da CARULLI & PONTON (1992)⁸, modificata nei simboli, evidenzia la doppia vergenza della catena: verso S nelle unità post-erciniche strutturate nelle diverse fasi dell'orogenesi alpina; verso N nelle unità paleozoiche pre-erciniche deformate da quest'ultima orogenesi e riesumate e riprese da quella alpina. L'estremo settentrionale della sezione evidenzia il confinamento strutturale esercitato dalla *linea della Gail* mentre a meridione si nota il progressivo smorzarsi della deformazione tettonica nelle unità pre-quadernarie sepolte sotto la pianura friulana.

La sezione C-C' è tratta, per il segmento che va dalla *linea Fella-Sava* alla *linea di Cividale*, dal lavoro di MERLINI *et al.* (2002) mentre la sezione D-D', quasi in continuità sud-occidentale con la precedente, è tratta dalla citata carta di NICOLICH *et al.* La C-C' ripropone quanto descritto nella precedente sezione e pone in risalto l'interpretazione dei retroscorimenti delle linee *Fella-Sava* e della *Val Resia*.

La sezione D-D', tarata sul pozzo Carnagacco 1 (VENTURINI, 2002), evidenzia l'omonima struttura in deformazione progressiva sull'avanfossa dinarica che, indisturbata, delimita a NE la Piattaforma friulana affacciata a SW sul Bacino bellunese. Si veda in proposito il confronto con la sezione A-A' le cui terminazioni meridionali si incrociano.

Il tratto della sezione E-E' che dal Golfo di Trieste arriva fino al margine sud-occidentale della Selva di Tarnova (Trno-

vski Gozd), è originale pur basandosi sui dati di FINETTI (1967), CARULLI & CUCCHI (1987) e PRODAN (2002), mentre per il tratto sloveno si è avvalsa dei dati di BUSER (1968), PLACER (1981) e JURKOVŠEK *et al.* (1996). Si nota come le deformazioni dinariche in questo settore siano più blande e come alle strutture disgiuntive si affianchino motivi plicativi ad ampio raggio. Si noti ancora l'avanfossa dinarica che dà ragione del basso strutturale e morfologico rappresentato dal Golfo di Trieste. Anche in questa sezione la Piattaforma friulana, ancora intercettata nell'Alto Adriatico, si rastrema ulteriormente, confinata ad occidente dal Bacino bellunese ben documentato dal pozzo Amanda 1 bis (CATI *et al.*, 1987).

Nella fig. 53 sono rappresentate, schematicamente, le sezioni litostratigrafiche di tutti i pozzi perforati sul territorio regionale per ricerche di idrocarburi che hanno raggiunto la profondità di almeno 700 m, nonché di alcuni pozzi, fuori regione, usati per la taratura delle sezioni geologiche. Per ogni sezione vengono indicati i terreni attraversati, con l'indicazione delle relative profondità raggiunte, fino alle profondità di fondo foro. In testa ad ogni sezione litostratigrafica figura il nome assegnato al pozzo e l'anno di perforazione. I numeri relativi alle unità stratigrafiche attraversate dai sondaggi sono gli stessi della legenda della Carta geologica.

Le stratigrafie dei pozzi, ridisegnate e semplificate, sono tratte dalle tavole di NICOLICH *et al.* (2004), tranne quelle dei pozzi Terenzano 1 e Buttrio 1 ricavate da AGIP (1977). A questi lavori si rimanda per le stratigrafie di altri sondaggi delle regioni vicine.

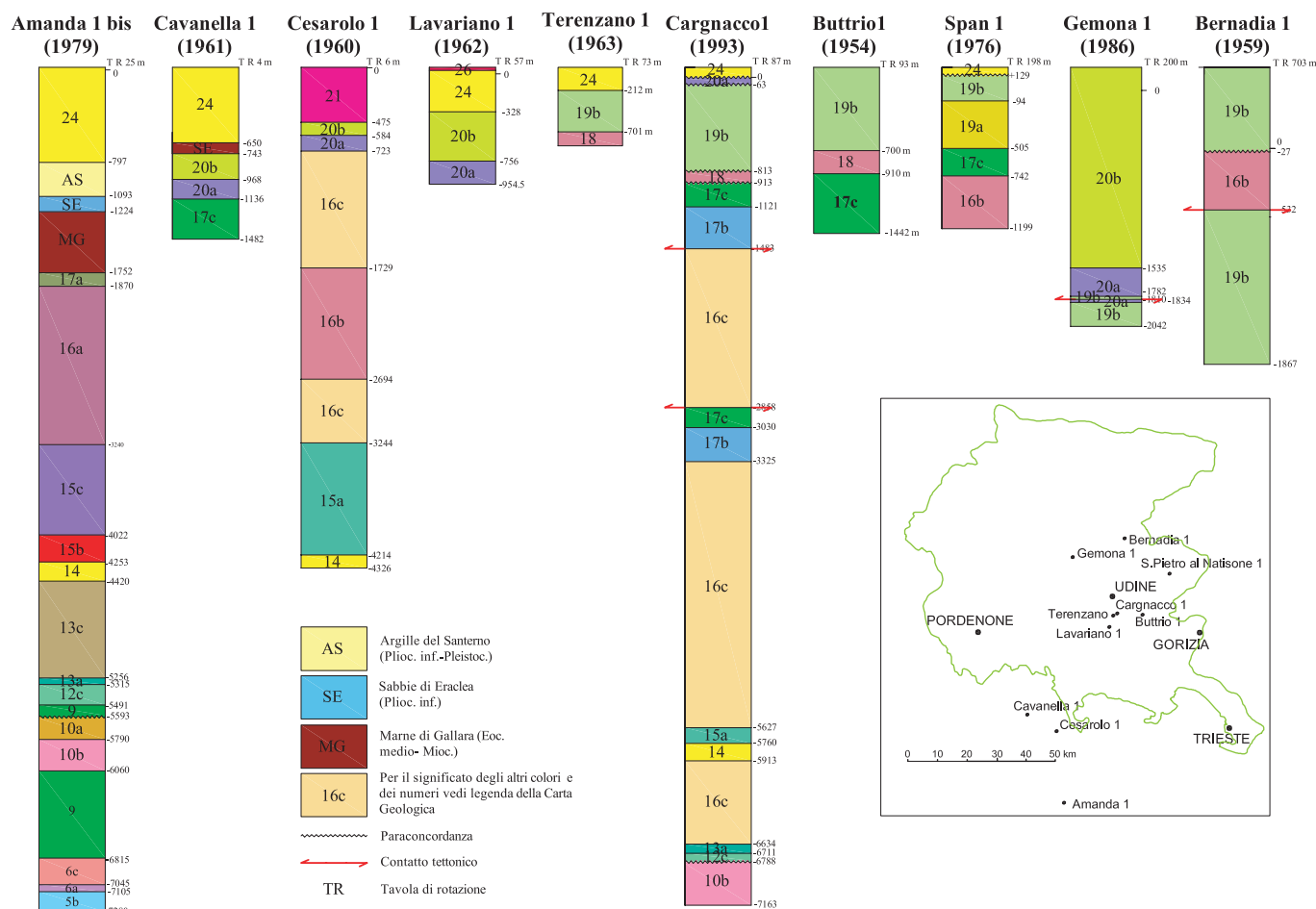


fig. 53 - Sezioni litostratigrafiche dei pozzi per ricerca di idrocarburi perforati nel territorio regionale ed in alcune aree vicine.

⁸ Il segmento più settentrionale della sezione è tratto, lievemente modificato, da FRASCARI *et al.* (1979).

10.2 - Inquadramento strutturale

Le principali linee tettoniche rappresentate sulla Carta sono state inserite entro un'area molto più ampia di quella regionale onde consentire una visione più generale del quadro tettonico all'intorno nel contesto del quale la Regione Friuli Venezia Giulia è inserita. Inoltre, l'assenza del caleidoscopio dei colori della Carta consente di apprezzare meglio l'andamento delle singole strutture, la loro importanza, il loro significato, le loro relazioni di interferenza nonché di denominarle con i nomi più usati in letteratura (anche se spesso non univoci).

Dallo schema risulta innanzi tutto molto evidente la collocazione del territorio regionale all'estremo orientale dell'orogene Sudalpino, esteso a meridione della *linea della Gail*, (segmento del *lineamento periadriatico* o *lineamento insubrico* o *limite alpino austro-alpino*). Nella porzione orientale è netta l'influenza, l'interferenza, fino alla dominanza, del sistema dinarico.

Geograficamente è evidente la presenza di tre distinti *trends* tettonici (SLEJKO *et al.*, 1987):

- tilaventino, dominante nel settore centrale montano e pedemontano dell'area, con linee orientate in senso E-W che porta le unità tettoniche ad accavallarsi con vergenza verso S (fig. 54);
- dinarico, caratterizzante il settore orientale, a direzione NW-SE e vergenza verso SW
- valsuganese, tipico del settore prealpino occidentale, a direzione NE-SW con vergenza verso SE delle unità coinvolte.



fig. 54 - Il rio di Grasia (Caprizzi) si è impostato sul piano di faglia, immergente a N, della *linea M. Dof-M. Auda* che porta la *Dolomia del Monticello*, a destra della foto, ad accavallarsi sulla *Dolomia Principale*.

E' altresì evidente come i tre citati sistemi strutturali convergano nell'area centrale, al limite dei rilievi, interferendo tra di loro ed evidenziando il fronte esterno della catena Subalpina, attivo come documentato dall'intensa sismicità storica ed attuale.

I sovrascorimenti ripresi nelle fasi tettoniche più recenti, specie quelli che hanno accavallato le rigide ma fragili masse dolomitiche (*Dolomia Principale* in particolare) su litologie più incompetenti, sono spesso accompagnati da ampie fasce di cataclasiti per centinaia di m di estensione e decine di m di potenza (fig. 55) e talora caratterizzati anche da ampie pieghe frontali (fig. 56).

Per maggiori approfondimenti sulla tettonica regionale si rimanda a quanto sinteticamente introdotto al Cap. 6 delle precedenti Note ma specialmente al Capitolo "Tettonica" di CASTELLARIN & VAI in VAI *et al.* (2002).

Lo schema tettonico è stato integrato con contributi inediti



fig. 55 - Potente fascia di cataclasiti nella Dolomia Principale in corrispondenza del piano di faglia della *linea Barcis-Staro Selo* (Monteaperta).

e con i dati recenti dei fogli CARG. I dati strutturali più occidentali, in parte integrati, sono desunti da GALADINI *et al.* (2005). Per la compilazione ci si è avvalsi anche dello *Structural Model of Italy* di BIGI *et al.* (1983) nonché degli inquadramenti tettonici regionali della *Carta geologica del Veneto* (ANTONELLI *et al.*, 1990), di POLI *et al.* (2002) e di VENTURINI (2002). Per la prosecuzione delle linee tettoniche al di fuori del territorio nazionale sono state consultate le citate carte geologiche austriache e quelle slovene, nonché i lavori di POLJAK (2000), PREMUR (1982), PLACER (1981, 1998) e PLACER *et al.*, (2004) relativi alla geologia strutturale della Slovenia e della Croazia occidentali.

10.3 - Schema dei rapporti stratigrafici (con il contributo di F. Podda)

Nello schema sono rappresentati i rapporti temporali tra le unità stratigrafiche rappresentate sulla Carta: esso mira ad illustrare non solo i rapporti verticali fra di esse, cioè la loro successione nel tempo, ma anche quelli laterali fra unità coeve, specie per quanto riguarda la coesistenza di unità di piattaforma con unità di bacino depostesi in diverse condizioni ambientali di sedimentazione e quindi con litofacies diverse.

Lo schema prende in considerazione le sole unità sedimentarie e le subordinate vulcaniti della successione stratigrafica regionale per cui non sono rappresentate le unità metamorfiche basali. Esse infatti, accorpate nella legenda in una sola unità litostratigrafica (rappresentata con il n. 1), non sono ancora state



fig. 56 - Pieghe frontali nei calcari cretaci sovrascorsi sulla "linea di Maniago" (Montereale Valcellina).

oggetto di datazioni precise, o quanto meno univoche, e presentano estensione areale limitata.

Lo schema evidenzia inoltre le lacune stratigrafiche, ovvero gli intervalli di tempo dei quali non c'è testimonianza di deposizione, per cause dovute a mancanza di sedimentazione oppure ad erosione e/o dissoluzione.

Trattandosi di uno schema cronostratigrafico, e non litostratigrafico, non si possono fare considerazioni sullo spessore delle formazioni. Pertanto, successioni condensate e lacunose di potenza reale di pochi metri sul terreno possono rappresentare in realtà periodi di diversi milioni di anni. Tipico esempio si trova nel Gruppo del Canin presso la Forchia di Terra Rossa (PERNARCIC, 2001), dove l'intervallo temporale di oltre 100 MA, corrispondente al Retico-Cretacico sup. (rappresentato rispettivamente dal *Calcare del Dachstein* e dalla *Scaglia rossa*) è condensato in soli 140 m di successione.

Si segnala inoltre che i tempi geologici non sono riportati in intervalli uniformi, di pari entità, ma si dilatano in corrispondenza del Mesozoico in genere, e del Triassico in particolare, per consentire la rappresentazione con maggior dettaglio dei complessi rapporti tra le diverse unità depositatesi in questo periodo, dominato da una notevole tettonica estensionale.

L'estrema variabilità verticale e laterale delle unità stratigrafiche affioranti nel territorio regionale, sia nel senso della longitudine che della latitudine, rende oltremodo complessa una loro rappresentazione che richiederebbe uno stereogramma a più dimensioni spazio-tempo.

Pertanto l'asse delle ascisse non rappresenta distanze ma fornisce solo indicazioni, di larghissima massima, delle variazioni in senso longitudinale, all'incirca da W (sinistra dello schema) a E (destra) ma anche, specie per il Cenozoico, da SW a NE, se non da S a N.

L'età delle unità stratigrafiche (in MA = milioni di anni) è riferita alla scala temporale dell'International Stratigraphic Chart (2004), il più recente prodotto della Commissione sulla stratigrafia mondiale, espressione della International Union of Geological Sciences (IUGS). A questo proposito si ricorda una recente proposta di abbandonare il nome del Quaternario e di inglobarlo nella parte alta dell'era Cenozoica. Nella presente carta invece lo si è mantenuto, sia perché la proposta non è stata ratificata sia per la consuetudine di tutti i ricercatori di avvalersi di tale termine. Per motivi di scala e di spazio per il Quaternario sono state rappresentate solo le unità del Pleistocene inf. che suturano nel sottosuolo la successione pre-quaternaria.

I numeri ed i colori con i quali sono rappresentate le unità litostratigrafiche mantengono lo stesso significato di quelli della legenda generale della Carta geologica alla quale si rimanda.

Lo schema è basato, per la parte relativa al Paleozoico e parte del Triassico, sui dati, ridisegnati e semplificati, tratti da VENTURINI (2002); per la parte relativa al Mesozoico su quelli, ugualmente semplificati, di CARULLI *et al.* (2000) e per il Cenozoico sui dati di VENTURINI & TUNIS in VAI *et al.* (2002). Nella sua interezza lo schema rappresenta una novità assoluta per quanto riguarda i complessi rapporti spazio-temporali fra tutte le unità litostratigrafiche del Friuli Venezia Giulia.

10.4 - Carta della sismicità storica (D. Slejko)

Terremoti, anche forti, hanno colpito ripetutamente la regione nei secoli passati e una discreta documentazione ci è stata tramandata. La presenza della stazione sismologica di Trieste, operante regolarmente fin dal 1931, ha permesso la raccolta di esaurienti informazioni sulla sismicità friulana anche di livel-

lo medio, mentre la rete sismometrica regionale, in funzione dal 1977, documenta con precisione la sismicità anche di bassa energia. La Tabella a fine capitolo riporta i parametri focali dei principali terremoti avvenuti in regione: i dati relativi agli eventi precedenti il 1975 sono tratti dal "*Catalogo parametrico dei terremoti italiani*" (GRUPPO DI LAVORO CPTI, 2004), mentre quelli riferiti ai sismi più recenti derivano dai bollettini della rete sismometrica del Friuli Venezia Giulia (OGS, 1977-1981, 1982-1990, 1991-2004) e dal lavoro di SLEJKO *et al.* (1999) sulla sequenza del terremoto del 1976 in Friuli relativamente ai meccanismi focali. Per i due terremoti più forti (1348 e 1511) sono stati considerati i parametri focali derivati da una recente revisione storica ancora inedita (CARACCIOLLO, comunicazione scritta). Con l'esclusione dei due terremoti citati, la cui stima di magnitudo può essere affetta anche da errore sensibile in quanto ricavata a partire dalle approssimative informazioni macrosismiche dell'epoca, solo l'evento del 1976 ha superato la magnitudo 6, considerando i soli sismi friulani, in quanto quello del 1873 è avvenuto nel vicino Alpi. L'associazione di alcuni di questi terremoti alle faglie riconosciute nella regione è stata proposta recentemente da GALADINI *et al.* (2005).

Dall'esame della mappa epicentrale, è interessante notare l'allineamento SW-NE lungo il margine prealpino, dalla pianura veneta al Friuli centrale. Spostandosi ad oriente, gli epicentri sembrano delineare due direttrici: quella settentrionale, parallela e prossima al confine con l'Austria, e quella dei Friuli centrale, che si allunga verso il confine con la Slovenia. La prima è caratterizzata da sismi di magnitudo non elevata, fatta eccezione per l'evento del 1348. Il Friuli centrale, invece, è stato interessato nei secoli da diversi sismi di magnitudo piuttosto elevata; lievemente fuori contesto risulta l'epicentro decisamente più meridionale del terremoto del 1511. Come per la magnitudo, anche per la localizzazione epicentrale degli eventi del 1348 e del 1511 bisogna segnalare la possibilità di errori non trascurabili. La mappa mostra ancora le concentrazioni di epicentri in Slovenia, in prossimità di Ljubljana, e in Croazia, attorno a Rijeka. E' ipotizzabile, ma non evidenziata chiaramente, un'orientazione NW-SE (dinarica) per la sismicità slovena: questa indicazione risulta molto più chiara dall'analisi della sismicità recente di bassa magnitudo (SLEJKO *et al.*, 1989; CARULLI *et al.*, 1990).

La presenza in Friuli di uno stile tettonico compressivo è supportata dai meccanismi focali, anche se non mancano pure soluzioni trascorrenti. Queste ultime si riferiscono a eventi della prima metà del XX secolo, quando la quantità dei dati non era soddisfacente ed è, perciò, doveroso considerare la possibilità di errori non trascurabili. La sequenza iniziata nel 1976, invece, ha evidenziato chiaramente un meccanismo compressivo all'origine di tutti i sismi principali (SLEJKO *et al.*, 1999). Lo stile trascorrente delle faglie dinariche è, invece, ampiamente confermato dai meccanismi focali in Slovenia (DEL BEN *et al.*, 1991).

Nella Carta sono stati mappati gli epicentri dei terremoti con magnitudo maggiore o uguale a 4,0 avvenuti dall'anno 1000 al 2004. Sono stati utilizzati dei simboli diversi per evidenziare la data dei terremoti e la loro dimensione che è proporzionale alla magnitudo del sisma. Più precisamente, l'esagono indica eventi precedenti il 1932, anno di inizio della pubblicazione regolare del bollettino sismico della stazione di Trieste, mentre il cerchio evidenzia i terremoti successivi. Il colore blu indica i terremoti con profondità inferiore a 8 km mentre il colore rosso quelli più profondi. Questo dato, peraltro sempre piuttosto approssimato, si riferisce solo ai terremoti avvenuti dopo il 1975. Nella Tabella che segue sono riportati i terremoti con magnitudo (M) maggiore o uguale a 5,0 con le coordinate geografiche degli ipocentri, ricordando che il numero corrisponde a quello riportato nella Carta e

che l'asterisco sta ad indicare i terremoti per i quali è rappresentato il meccanismo focale. Esso indica il tipo di faglia (normale, inversa, trascorrente) che ha generato l'evento.

N	DATA	LAT N	LONG E	M
1	1279 4 23	45,930	13,400	5,1
2	1348 1 25	46,493	13,428	7,0
3	1389 8 20	46,400	13,200	5,0
4	1511 3 26	46,158	13,227	6,7
5	1700 7 28	46,433	12,868	5,7
6	1776 7 10	46,233	12,706	5,8
7	1788 10 20	46,398	13,019	5,6
8	1794 6 7	46,297	12,795	5,4
9	1812 10 25	46,027	12,589	5,6
10	1873 6 29	46,150	12,380	6,3
11	1908 7 10	46,470	13,180	5,1
12	1920 5 5	46,384	13,144	5,3
13	1924 12 12	46,462	12,981	5,3
14*	1928 3 27	46,372	12,975	5,7
15	1931 12 25	46,259	13,104	5,1
16*	1936 10 18	46,088	12,380	5,9
17*	1976 5 6	46,241	13,119	6,4
18*	1976 9 15	46,250	13,120	5,9
19	1977 9 16	46,300	12,983	5,3
20*	1998 4 12	46,068	13,348	5,6
21	2004 7 12	46,306	13,641	5,1

10.5 - Carta della profondità della Moho e delle anomalie gravimetriche⁹

Sono rappresentati alcuni parametri geofisici relativi al sottosuolo profondo della regione e delle aree contermini, in quanto rappresentativi delle principali caratteristiche geometriche e fisiche delle masse sepolte, cioè della crosta, con le sue variazioni di spessore e le sue anomalie di densità. Sono così rappresentate la profondità della discontinuità di Mohorovičić (Moho) e le anomalie gravimetriche di Bouguer.

La prima è espressa mediante isobate cioè linee di uguale profondità (in km), alla quale si trova la prima grande discontinuità all'interno della terra, a partire dalla superficie, quella che separa la crosta dal mantello. Le linee pertanto esprimono con sufficiente approssimazione lo spessore della crosta continentale. I dati, presi da NICOLICH & DAL PIAZ (1990), sono stati ottenuti mediante profili strategici usando la metodologia della sismica a rifrazione profonda (*Deep Seismic Soundings*: DSS). Le profondità sono state definite sulla base del cambio di valore delle velocità delle onde $P \geq 8,0$ km/s quale compete al passaggio delle onde stesse dalla crosta al mantello.

Un breve commento ai dati porta a sottolineare la flessura della crosta della microplacca Adria (o Apula): essa, dal valore minimo di 30-35 km dei Colli Berici-Euganei e della costa dell'Alto Adriatico, passa decisamente con rapido ed elevato gradiente ai 50 km del settore dolomitico e, fuori carta, del Tirolo, da dove raggiunge valori progressivamente minori in corrispondenza dell'avampese bavarese. Situazione molto simile si ha nel settore dinarico dove dal minimo della dorsale adriatica la Moho si approfondisce in corrispondenza delle Dinaridi Esterne (senza raggiungere profondità così elevate come nelle Alpi, in accordo con le minori quote medie dei rilievi) per poi risalire verso il Bacino estensionale Pannonico a crosta assottigliata. Si notino l'orientazione delle isobate coerente con l'assetto struttu-

rale delle due catene e la distribuzione dei valori massimi degli spessori in corrispondenza dei rispettivi assi.

Le anomalie di Bouguer (in milligal) esprimono le variazioni profonde di densità legate alla distribuzione di masse di composizione diversa. Il campo regionale delle anomalie secondo Bouguer è dominato da un gradiente negativo da S a N. Si passa dai circa -20 mGal in prossimità della costa adriatica ai circa -100 mGal a cavallo del confine di stato.

In pianura questo *trend* riflette l'andamento del basamento e della profondità del limite crosta-mantello. Da N a S il basamento cristallino e la Moho risalgono progressivamente guidando l'assetto dell'anomalia. Spostandosi verso la zona alpina il progressivo aumento delle anomalie negative è chiaramente associato all'ispessimento crostale e quindi alle radici orogeniche che caratterizzano tutto l'arco alpino.

Significativa, nell'andamento delle anomalie regionali, è la presenza di un minimo gravimetrico relativo nella zona dell'Alta Pianura Friulana. Questo fenomeno si localizza in prossimità del fronte alpino in una zona caratterizzata da un cospicuo spessore di sedimenti. Questo piccolo bacino potrebbe essere di origine flessurale, quindi legato a locali debolezze litosferiche.

10.6 - Carta del flusso di calore superficiale (B. Della Vedova)

La quantità di calore che fuoriesce dall'unità di superficie terrestre nell'unità di tempo si chiama flusso di calore superficiale (FC), o flusso geotermico, e si misura in ($J s^{-1} m^{-2}$) ovvero in ($W m^{-2}$). Il FC medio attraverso i continenti (circa 65 $mW m^{-2}$) è minore di quello attraverso gli oceani (circa 100 $mW m^{-2}$), perché gli oceani hanno una crosta e una litosfera più sottile e perché sono generalmente più giovani dei continenti. Il FC è l'espressione superficiale dei processi termici in profondità e di conseguenza può variare sia nello spazio che nel tempo. E' quindi un indicatore sensibile dei processi di trasferimento di calore (conduzione e convezione) e dell'evoluzione della Terra, con particolare riguardo ai principali processi geodinamici come: orogenesi, estensione e formazione di bacini sedimentari, apertura oceanica e subduzione e vulcanesimo intra-placca ("hot spots"). Il trasferimento di calore per conduzione domina nelle aree stabili, mentre i processi di convezione, per flusso di massa (fluidi e/o magmi), sono spesso dominanti nelle aree attive di deformazione, come l'area Alpino-Mediterranea.

Il FC è di difficile determinazione a causa di molteplici fattori, quali: l'eterogeneità e complessità delle formazioni superficiali, la scarsità di dati a disposizione e, soprattutto, la limitata profondità dei pozzi. Diversi sono infatti i contributi (stazionari e transienti, conduttivi e convettivi) che concorrono al FC misurato in superficie; i principali sono: il calore entrante alla base della litosfera; il calore radiogenico generato entro la litosfera; il calore transiente immagazzinato o in *deficit* nella litosfera a causa degli eventi termo-tettonici (ad es. *rifting*, orogenesi, subduzione); il contributo di tutti i disturbi attivi principalmente nei primi km della crosta (come ad es. sedimentazione, erosione, sollevamento, subsidenza, circolazione di fluidi, intrusioni magmatiche, variazioni climatiche). Molto spesso il contributo dei disturbi superficiali maschera completamente i contributi profondi del segnale di FC (DELLA VEDOVA *et al.*, 2001).

Quando il calore si trasferisce principalmente per conduzione (nella maggioranza dei casi) e quando siamo in regime stazionario, il FC si calcola moltiplicando il gradiente verticale di temperatura ($\Delta T/\Delta z$), misurato in pozzi profondi o nei sedi-

⁹ I dati gravimetrici ed il relativo commento si devono a C. ZANOLLA dell'Istituto di Oceanografia e Geofisica Sperimentale-O.G.S. di Trieste.

menti marini, per la conducibilità termica media (K) dei terreni attraversati, secondo la Legge di Fourier.

La conoscenza della distribuzione delle temperature (T) profonde entro la crosta è un parametro cruciale sia per lo studio dei processi di deformazione crostale che per la stima delle proprietà fisiche delle rocce e dei fluidi che le saturano (CHAPMAN, 1986).

Molte aree italiane, come ad esempio le Alpi Meridionali, le piattaforme carbonatiche mesozoiche (Istria, Puglia ed Iblei) e ampie porzioni dell'Appennino centrale, mostrano una forte variazione nella permeabilità dei terreni, che si manifesta in una significativa variabilità nel FC, a causa della circolazione idrogeologica. Questi disturbi superficiali, rilevati sulle misure di T nei pozzi profondi anche oltre 7 km rendono estremamente difficile la compilazione di una mappa di FC per l'Italia e la ricostruzione della distribuzione termica a maggiori profondità nella crosta (DELLA VEDOVA *et al.*, 2001).

La mappa di FC rappresentata in fig. 57 è stata realizzata sulla base dei dati da pozzo per ricerca di idrocarburi e per lo sfruttamento degli acquiferi, disponibili nella Regione Friuli Venezia Giulia (CALORE *et al.*, 1995; DELLA VEDOVA *et al.*, 2001; NICOLICH *et al.*, 2004), nell'alto Adriatico e nella vicina Slovenia (RAVNIK, 1991). I pozzi profondi per ricerca di idrocarburi hanno permesso le stime più attendibili di FC (anche se i dati di T hanno alcune incertezze); queste stime sono state poi estrapolate alle strutture geologiche adiacenti. Le aree montane sono praticamente prive di informazioni termiche profonde. La mappa mostra le aree principali dove la distribuzione di T nei primi km, e di conseguenza anche il FC, sono disturbati da processi superficiali, quali la circolazione idrogeologica e la sedimentazione. In particolare, sono evidenziate in colore le seguenti aree:

- aree fortemente permeabili con infiltrazione profonda di acque meteoriche che inducono una riduzione del gradiente di T e una conseguente diminuzione del FC, con valori

inferiori a 40 mW m⁻²;

- aree interessate da salienza di acque termali al contatto fra i rilievi carbonatici e depositi terrigeni pede-alpini che inducono un aumento del FC, con valori da 40 a 60 mW m⁻²;
- aree di bacino di sedimentazione di età neogenico-quadernaria che sono interessate da anomalie negative di FC, con valori inferiori a 50 mW m⁻²;
- aree interessate da circolazione convettiva di fluidi entro formazioni permeabili coperte da terreni a bassa permeabilità, che innalzano la T al tetto del serbatoio sepolto e inducono un'anomalia positiva di FC in superficie, con valori superiori a 60-70 mW m⁻².

I profili geologici che attraversano alcune delle anomalie positive di FC, come: la "struttura di Belluno", la "struttura di Carnaccio" e "l'alto strutturale di Cesarolo-Grado" permettono di individuare le formazioni carbonatiche all'interno delle quali si sviluppa la circolazione idrotermale.

Le aree interessate da anomalie positive di FC (aree in colore arancione) rappresentano siti potenziali per la ricerca e lo sfruttamento di risorse geotermiche a bassa entalpia, con presenza di acque termali a 40-60 °C, a profondità inferiori a un chilometro.

In particolare, l'ampia ed estesa anomalia geotermica presente nella fascia litorale e lagunare del Veneto orientale e del Friuli Venezia Giulia (circa 700 km²) può essere rappresentata dal seguente modello termico:

- una convezione di acque calde salate nelle strutture più elevate della piattaforma carbonatica, tale da portare la T al tetto dei carbonati a circa 60 °C,
- uno strato di rocce mediamente impermeabili che isolano la circolazione calda nei carbonati e separano gli acquiferi profondi da quelli superficiali,
- una serie di formazioni recenti superficiali (spesso sciolte) che contengono le acque dolci che si riscaldano per condu-

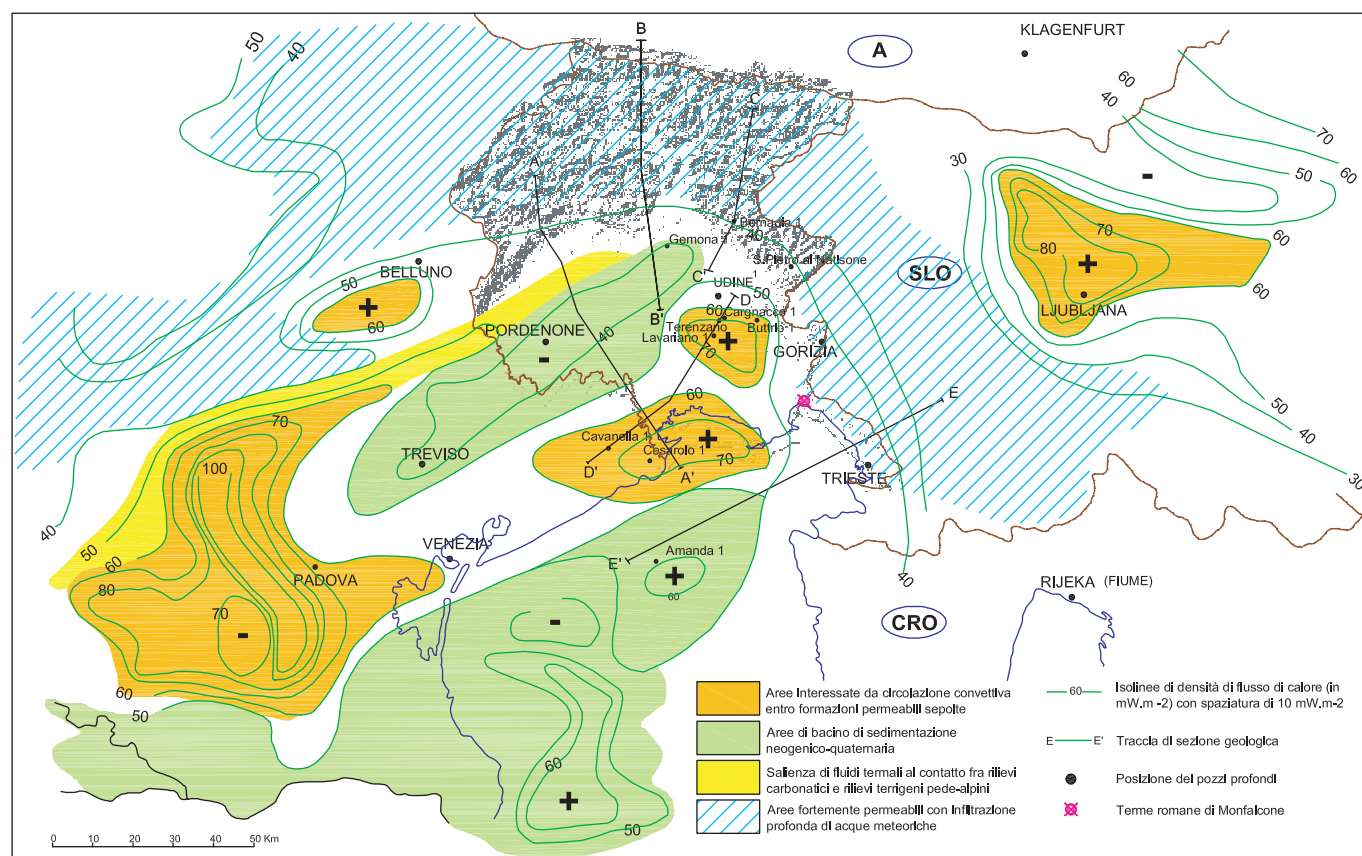


fig. 57 - La carta del flusso di calore regionale (spiegazioni nel testo).

zione attraverso il setto impermeabile sottostante.

L'estensione dell'area interessata dal termalismo e la stabilità termica degli acquiferi dimostrano come il fenomeno sia "a regime" e quindi interessante dal punto di vista minerario. Le Terme Romane di Monfalcone sono invece alimentate da una singolare ed anomala sorgente che sgorga spontaneamente dai calcari, con una T di circa 38 °C.

10.7 - Carta delle coperture quaternarie della pianura friulana

In essa sono rappresentate mediante isopache, cioè linee di uguale spessore, le potenze dei depositi quaternari della pianura friulana indipendentemente dalle loro età e tessiture. Tale tipo di rappresentazione consente di avere, indirettamente, una visione della morfologia del substrato pre-quaternario sepolto, cioè del "contenitore" che ha raccolto i sedimenti plio-pleistocenici la cui forma può essere stata parzialmente modificata dall'attività tettonica successiva. A tal proposito si noti, facendo il confronto con la carta strutturale, come i maggiori gradienti delle isopache si trovino in corrispondenza di linee tettoniche importanti.

I dati sono ricavati da NICOLICH *et al.* (2004) alle cui Note illustrative si rimanda per maggiori approfondimenti. Le informazioni sulla base del Quaternario sono state ricavate da indagini geofisiche specie per la ricerca di idrocarburi ed è per questo che i dati sono relativi al solo settore di pianura. Per quanto riguarda il settore montano si può affermare che gli spessori maggiori dei depositi quaternari si trovano in corrispondenza delle zone assiali dei principali fondi vallivi ove, in assenza di dati di geofisica di esplorazione profonda, i sondaggi geognostici hanno superato raramente le poche decine di metri non raggiungendo il substrato pre-quaternario, almeno nelle zone di depocentro. In loro corrispondenza si ipotizza che lo spessore non superi i 100-150 m.

10.8 - Carta di posizione delle fonti bibliografiche

Lo schema rappresenta la pianta di posizione delle aree coperte da rilevamenti i cui dati, accorpati ed omogeneizzati talora modificati ed integrati, sono serviti quali principali fonti bibliografiche di consultazione per la compilazione della Carta geologica. I dati relativi alle aree scoperte provengono da dati inediti o dai fogli della Carta geologica d'Italia per il settore montano, o da COMEL *et al.* (1982) per il settore di pianura.

Bibliografia

- AGIP (1977): *Temperature sotterranee*, pp. 1390, Tip. Brugora, Segrate.
- AMATO A., BARNABA P.F., FINETTI I., GROPPI G., MARTINIS B. MUZZIN A. (1976): *Geodynamic outline and seismicity of Friuli Venezia Giulia region*, Boll. Geof. Teor. Appl. 72(1), 217-256, Trieste.
- ANDERLE N. (1977): *Geologische karte der Republik Österreich 1:50 000, 200 Arnoldstein* (Anderle N., Editor). Geologische Bundesanstalt.
- ANDERLE N., HAUSER C., HEINZ H., PLÖCHINGER B., SCHMID M.E. & SCHÖNLAUB H.P., (1977): *Erläuterungen zu Blatt 200 Arnoldstein* (C. Hauser, Editor). Geologische Bundesanstalt.
- ANTONELLI R., BARBIERI G., DAL PIAZ G.V., DAL PRA A., DE ZANCHE V., GRANDESSO P., MIETTO P., SEDEA R. & ZANFERRARI A. (1990): *Carta geologica del Veneto* alla scala 1:250 000, con note illustrative, 1-31, Serv. Geol. Naz.-Regione del Veneto, S.EL.CA., Firenze.
- ASSERETO R. (1961): *La geologia della Valle di Ugovizza*. Boll. Serv. Geol. Ital., 82 (1960-61), 109-148, Roma.
- ASSERETO R., DESIO A., COMIZZOLI G., PASSERI L. D. (1967): *Carta geologica d'Italia. Foglio 14A "Tarvisio"*. Scala 1:100 000, Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- ASSERETO R., DESIO A., DI COBERTALDO D. & PASSERI L.D. (1968): *Note illustrative della carta Geologica d'Italia alla scala 1:100 000; foglio 14A, "Tarvisio"*. Min. Industria, Commercio e Artigianato, Dir. Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia, Ercolano (Napoli), pp. 1-70.
- ASTORIA A. & VENTURINI C. (2004): *Evoluzione pleistocenica della media Val Pesarina (Ponte Arceons, Alpi Carniche)*. Gortania, Atti Museo Friul. St. Nat., 25-48, Udine.
- AUFERBAUER H., DEUTSCH A., HEINISCH H., HEINZ H., HERZOG U., VAN HUSEN D., LIEBERMANN H.M., SKALA D. & WARCH A. (1989): *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000, 199 Hermagor* (H. P. Schönlaub, Editor). Geologische Bundesanstalt.
- AVIGLIANO R., CALDERONI G., MONEGATO G. & MOZZI P. (2002): *The late Pleistocene Holocene evolution of the Cellina and Meduna alluvial fans (Friuli, NE Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., 57 (2002), 133-139.
- BÄR R., BECKMANN U., BOECKELMANN K., BUTTERSACK E., FENNINGER A., GEIGER A., GROSSMANN J., HAUSER C., HEINISCH H., VAN HUSEN D., KAHLER F., KÖHLER M., MÜLLER P.J., NIEDERMAYR E., NIEDERMAYR G., PÖLSLER P., PREY S., SCHÖNLAUB H.P., SUTTNER E., ÜBERHORST S., VENTURINI C., WARCH A. & WILKE M. (1987): *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000, 198 Weißbriach* (H. P. Schönlaub, Editor). Geologische Bundesanstalt.
- BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M., SARTORI R. & SCANDONE P. (1983): *Structural Model of Italy*. P.F. Geodinamica, C.N.R., 6 fogli 1:500 000, Tip. S.EL.CA.
- BONDESAN A. & MENEGHEL M. (a cura di) (2004): *Geomorfologia della provincia di Venezia. Note illustrative della Carta geomorfologica della provincia di Venezia*. 3 fogli 1:50 000. Edsodra Ed.
- BOSELLINI A. (1967): *La tematica deposizionale della Dolomia Principale (Dolomiti e Prealpi Venete)*. Boll. Soc. Geol. It., 86, 133-169, Roma.
- BOSELLINI A. & DAL CIN R. (1968): *Il Giurassico medio-superiore di Fonzaso*. Ann. Univ. Ferrara, 4, 237-247.
- BOSELLINI A. & MASETTI D. (1972): *Ambiente e dinamica deposizionale del calcare del Vajont (Giurassico medio, Prealpi bellunesi e friulane)*. Ann. Univ. Ferrara, 5 (4), 87-100.
- BOSELLINI A., SARTI M. (1978): *Geologia del gruppo M. Cuar - M. Covria*, Giorn. Geol., (2), XLIII(1), 47-88, Bologna.
- BOSELLINI A., MASETTI D., SARTI M. (1981): *A Jurassic "Tongue of the Ocean" infilled with oolitic sands: the Belluno trough, Venetian Alps, Italy*. Mar. Geol., 44 (1-2), 59-95.
- BOSELLINI A. & HARDIE L.H. (1988): *Facies e cicli della Dolomia Principale delle Alpi Venete*. Mem. Soc. Geol. It., 30, 1985, 245-266.
- BRAGA G.P., CARLONI G.C., COLANTONI P., CORSI M., CREMONINI G., FRASCARI F., LOCATELLI D., MONESI A., PISA G., SASSI F.P., SELLI R., VAI G.B. & ZIRPOLI G. (1971): *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Fogli 4c-13 "M. Ca-*

- vallino – Ampezzo”. Serv. Geol. d’Italia, pp. 108, Roma.
- BRAMBATI A., CIABATTI M., FANZUTTI G.P., MARABINI F. & MAROCCO R. (con la collaboraz. di BARILLARI A. e STEFANON A.) (1988): *Carta sedimentologica dell’Adriatico settentrionale. Foglio 924, Scala 1:250 000*. C.N.R., Ist. Geograf. De Agostini, Novara.
- BRAMBATI A. & CATANI G. (1988): *Le coste e i fondali del Golfo di Trieste dall’Isonzo a Punta Sottile: aspetti geologici, geomorfologici, sedimentologici e geotecnici*. Hydrores, 5 (6), 13-28.
- BREUNINGER A., EBNER F., HERITSCH H., MÜLLER P.J., NIEDERMAYR G., PAULITSCH P., SCHERIAU-NIEDERMAYR E., SCHLAGER W., SCHÖNLAUB H.P., SCHUH H., WARCH A. & WEBER L. (1985): *Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000, 197 Kötschach 1:50 000* (H. P. Schönlaub, Ed.). Geologische Bundesanstalt.
- BROGLIO LORIGA C., MASETTI D. & NERI C. (1983): *La Formazione di Werfen (Scitico) nelle Dolomiti occidentali: sedimentologia e biostratigrafia*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 88, 501-598.
- BROILI L. con la collab. di CARULLI G.B. & MENCHINI G. (1983): *Cartografia geologica tematica del territorio provinciale - Provincia di Udine*. Carta geol. 1:50 000.
- BUGGISCH W. & NOE S. (1986): *Upper Permian and Permian-Triassic boundary of the Carnia (Bellerophon Formation, Tesero horizon, northern Italy)*. In: *Permian and Permian-Triassic boundary in the South-Alpine segment of the western Tethys*; Cassinis G. (ed.) Mem. Soc. Geol. It., 34, 91-106.
- BUSER S. (1968): *Osnovna geološka karta SFRJ, lista Gorica, 1:100 000*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- BUSER S. (1973): *Tolmač za list Gorica L 33-78*. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- BUSER S. (1986): *Tolmač listov Tolmin in Videm (Udine) L 33-64 L 33.63*. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- BUSER S. (1987): *Osnovna geološka karta SFRJ, list Tolmin in Videm, 1:100 000*. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- CALORE C., DELLA VEDOVA B., GRASSI S., MARSON I., NICOLICH R. e SQUARCI P. (1995): *A hydrothermal system along the coastal area of Friuli-Venezia Giulia region (NE Italy)*. Proceed. of the World Geothermal Congress, Florence, 18-31 May 1995, Vol. 2, 1269-1274.
- CALZAVARA M., MUSCIO G., NADALET L. & VAIA F. (1981): *Il lago proglaciale di Malga Sette Fontane (Val Settimana, Pordenone)*. Gortania, Atti Mus. Friul. St. Nat., 3: 21-38, Udine.
- CANE G. (1996): *Carta geologica dei Monti La Bernadia. Scala 1:25 000*. In: PONTON M. & TUNIS G.: *La geologia del massiccio dei Monti La Bernadia (Prealpi Giulie)*. Mem. Ist. It. Spel., s. II, 8, 39-48.
- CANTELLI C., CARLONI G. C., CASTELLARIN A., CERETTI E., COLANTONI F., CREMONINI G., ELMI C., FRASCARI F., MONESI A., PISA G., RABBI E., TOMADIN L., VAI G. B., BRAGA C. B., CORSI M., GATTO G., LOCATELLI D., RUIA., DAL CIN R., LARGAIOLLI T., SASSI P. & ZIRPOLI G. (1971): *Carta geologica d’Italia. Foglio 4c-13, M. Cavallino-Ampezzo, Scala 1:100 000*, Bergamo.
- CARULLI G.B. (1971): *Le rocce, i minerali e le pietre utili*. Encicl. monogr. Friuli-Venezia Giulia, 1 (I), 197-266, Udine.
- CARULLI G.B. & ONOFRI R. (1966): *Il Friuli: i marmi*. Camera di Comm., Art. Agric. Udine, pp. 126, Ed. Del Bianco.
- CARULLI G.B. & ONOFRI R. (1969): *I marmi del Carso*. Unione region. Cam. Comm. Ind. Art. Agric. Regione Friuli-Venezia Giulia, pp. 101, Ed. Del Bianco, Udine.
- CARULLI G.B., NIMIS G.P. & ONOFRI R. (1969): *La pietra piacentina*. Assess. Ind. Comm. Regione Friuli-Venezia Giulia, pp. 24, Ed. Del Bianco, Udine.
- CARULLI G. B., FRIZZO P., LONGO SALVADOR G., SEMENZA E., BIANCHIN G., MANTOVANI F. & MEZZACASA G. (1987): *La geologia della zona tra il T. Chiarzò e il F. Fella (Alpi Carniche)*. 4 carte geol. 1:20 000, Giorn. Geol., s.3ª, 49/1, 1-32, Bologna.
- CARULLI G.B. & CUCCHI F. (1991): *Proposta di interpretazione strutturale del Carso triestino*. Atti Tic. Sc. Terra, 34 (1991), N.b. 161-166.
- CARULLI G.B. & PONTON M. (1992): *Interpretazione strutturale profonda del settore centrale carnico-friulano*. Studi Geol. Camerino, vol. spec., 2, 1992, CROP 1-1A, 275-284, Camerino.
- CARULLI G.B., ZUCCHI STOLFA M.L., PIRINI RADRIZZANI C. (1982): *L’Eocene di M. Forcella (Gruppo del M. Amariana - Carnia orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., 24, 65-70.
- CARULLI G.B., LONGO SALVADOR G., PODDA F., PONTON M. (1997): *La Dolomia di Forni: un bacino euxinico tardo-triassico nelle Prealpi Carniche*. Boll. Soc. Geol. It., 116 (1997), 95-107.
- CARULLI G. B., COZZI A., LONGO SALVADOR G., PERNARCIC E., PODDA F., PONTON M. (2000): *Geologia delle Prealpi Carniche (con carta geologica alla scala 1.50 000)*. Ediz. Museo Friulano Storia Nat., Pubbl. n.º44, pp. 48.
- CASATI P. & TOMAI M. (1969): *Il Giurassico e il Cretacico del versante settentrionale del Vallone Bellunese e del Gruppo del M. Brandol*. Riv. Ital. Paleont. e Strat., 75 (2), 205-343, Milano.
- CASTELLARIN A. (a cura di) (1981): *Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200 000*, Pubbl. n.º 441, P.F. Geodinamica, CNR.
- CASTELLARIN A. e PISA G. (1973): *Le vulcaniti ladiniche di Forni di Sopra (Carnia occidentale)*, Mem. Museo Trid. di Sc. Nat., Anno 37-38, 20 (1), 99-136, Trento.
- CASTIGLIONI G.B. (a cura di) (1997): *Carta geomorfologica della pianura padana* Scala 1:250.000, Minist. dell’Università’ e della Ricerca Scientif. e Tecnol., Ed. S.E.L.C.A., Firenze.
- CATANI G. & TUNIS G. (2001): *Caratteristiche sedimentologiche dei megabanchi carbonatici paleogenici del Bacino Giulio (Val di Natisone, Friuli orientale)*. St. Trent. Sc. Nat., Acta Geol., 77(2000) 81-102, Trento.
- CATI A., SARTORIO D., VENTURINI S. (1987): *Carbonate platform in the subsurface of the northern adriatic area*. Mem. Soc. Geol. It., 40 (1987), 295-308.
- CAVALLIN A. (1980): *Assetto strutturale del Massiccio Cansiglio-Cavallo (Prealpi Carniche Occidentali)*. Atti 2° Conv. Studi terr. Prov. Pordenone, pp. 15-32, 10 fig., Pordenone.
- CAVALLIN A. & MARTINIS B. (1974): *Studio geologico della grande frana di Borta (Ampezzo)*. In Alto, 58, 297-319, Udine.
- CAVALLIN A., MARTINIS B. (1977): *Inquadramento geologico*. In: B. Martinis (a cura di): *Studio geologico dell’area maggiormente colpita dal terremoto friulano del 1976*. Riv. It. Paleont. e Strat., 83(2), 219-235, Milano.
- CAVALLIN A. & MARTINIS B. (1981): *Il bacino lacustre della conca di Tramonti (Prealpi Carniche)*. In Alto, 63, 1-17, Udine.
- CAVALLIN A. & MARTINIS B. (1986): *Le sismite nelle Prealpi friulane*. In Alto, 68, 104-113, Udine.
- CAVALLIN A. & PIRINI RADRIZZANI C. (1980): *Il Miocene trasgressivo del Piancavallo (Prealpi Carniche): Margine settentrionale della Piattaforma adriatica*, Riv. Ital. Paleont., 86 (2), 399-416, Milano.
- CAVALLIN A., LAUZI S., MARCHETTI M. & PADOVAN N. (1987): *Carta geomorfologica della Pianura Friulana ad est del F. Tagliamento e a sud dell’anfiteatro morenico*. Atti Riun. Ricerc. Sc. della Terra, Dip. Scienze della Terra, Milano.
- CERETTI E. (1965): *La geologia del gruppo del M. Plauris (Carnia)*, - Giorn. Geol., (2), 33(1), 1-50, Bologna.
- CHAPMAN D.S. (1986): *Thermal gradients in the continental crust*. In: DAWSON J.B., CARSWELL D.A., HALL J. & WEDEPOHL K.H. (eds.): *The nature of the lower continental crust*. Geol. Soc. Special Public., 24, 63-70.
- COMEL A., (1958): *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 40, “Palmanova”*, Uff. Idrogr. Mag. Acque, Venezia
- COMEL A. (1958): *Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie, Foglio 40, “Palmanova”*, Uff. idrogr. Magistr. Acque, 50 pp., Padova.
- COMEL A. (1959): *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 52 “S. Donà di Piave” e 53 “Foce del Tagliamento”*, Uff. Idrogr. Mag. Acque, Venezia.
- COMEL A. (1959): *Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie. Fogli “S. Donà di Piave” e “Foce del Tagliamento”*, Uff. Idrogr. Mag. Acque, 38 pp., Padova.
- COMEL A. (1956): *Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 39, “Pordenone”*. Uff. Idrogr. Mag. Acque, 32 pp., Padova.
- COMEL A., FERASIN F. (1955): *Carta geologica delle Tre Venezie*.

- Foglio 39, "Pordenone". Uff. Idrogr. Mag. Acque, Venezia.
- COMEL A., NASSIMBENI P. & NAZZI, P. (1982): *Carta pedologica della pianura friulana e del connesso anfiteatro morenico del Tagliamento*. 4 fogli, scala 1:50.000, Reg. Aut. Friuli-Venezia Giulia, Centro reg. sperimentaz. agraria, Direz. Reg. Pianificaz. e Bilancio.
- COUSIN M. (1981): *Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie*. Soc. Géol. Nord., Publ. n. 5 (I-II), 521 pp., Villeneuve d'Ascq.
- COZZI A. (1999): *The role of extensional tectonism in the sequence stratigraphic interpretation of shallow water carbonates: a case study from the Upper Triassic Dolomia Principale, Carnian Prealps, Northern Italy*. Ph Thesis, Baltimore (Adviser L.A. Hardie).
- CUCCHI F., PIRINI RADRIZZANI C., PUGLIESE N. (1987): *The carbonate stratigraphic sequence of the Karst of Trieste (Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., 40, pp. 35-44.
- CUCCHI F., PIANO C. (2002): *Ipercarsismo nelle evaporiti del Friuli Venezia Giulia*. In: *Le voragini catastrofiche. Un nuovo problema per la Toscana*. 35-46, Ediz. Reg. Toscana.
- CUCCHI F. & ZINI L. (2002): *Carta geomorfologica e strutturale del Carso Triestino alla scala 1:50.000*. Field Excursion Guide of the 3th Int. Congr. "Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology" - EMMM'2002. Ed. HOHENEGGER J., MELIS R., PERVESLER P., PUGLIESE N., pp. 45, Trieste.
- CUVILLIER J., FOURY G. & PIGNATTI MORANO A. (1968): *Foraminifères nouveaux du Jurassique supérieur du Val Cellina (Frioul Occidentale, Italie)*. Geol. Romana, 7, 141-156.
- D'AMBROSI C. (1953): *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 53A "Trieste"*. Uff. Idrogr. Mag. Acque, Venezia.
- D'AMBROSI C. (1955): *Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 53A "Trieste"*. pp. 85, Padova.
- DEL BEN A., FINETTI I., REBEZ A. & SLEJKO D. (1991): *Seismicity and seismotectonics at the Alps - Dinarides contact*. Boll. Geof. Teor. Appl., 33, 155 - 176.
- DELLA VEDOVA B., BELLANI S., PELLIS G. & SQUARCI P. (2001): *Deep temperatures and surface heat flow density distribution*. In: VAI G.B. & MARTINI P. (eds.): *Anatomy of an orogen: the Apennines and adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 65-76.
- DE ZANCHE V., GIANOLLA P., MIETTO., SIORPAES C. & VAIL P.R. (1993): *Triassic sequence stratigraphy in the Dolomites (Italy)*. Mem. Sc. Geol., 45, 1-27.
- DE ZANCHE V., GIANOLLA P., ROGGI G. (2000): *Carnian stratigraphy in the Raibl/cave del Predil area (Julian Alps, Italy)*. Eclogae geol. Helv., 93 (2000), 331-347.
- DOGLIONI C. & BOSELLINI A. (1987): *Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps*. Geol. Rund., 76/3, 735-754, Stuttgart.
- FABIANI R., LEONARDI P., KOSSMAT F., WINKLER A. (1937): *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 26 "Tolmino"*. Uff. Idrogr. R. Magistr. Acque di Venezia, Firenze.
- FANTONI R., LONGO SALVADOR G., PODDA F., PONTON M. & SCOTTI P. (1998): *L'unità a laminati organiche nel Norico del Rio Resarico (Val Resia, Prealpi Giulie)*. Atti Ticin. Sc. Terra, serie spec., 7, 109-123, Pavia.
- FERASIN F. (1958): *Il "Complesso di scogliera" cretaceo del Veneto centro orientale*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, v. 21, 53 pp., 2 tav., 14 fig., Padova.
- FERASIN F., BRAGA G.P., CORSI M., LOCATELLI D. (1969): *La "linea dell'alto Tagliamento" fra la Val Cimoliana ed il gruppo del Verzegnis in Carnia*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 27, 1-15, Padova.
- FERUGLIO E. (1925): *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 25 "Udine"*. Uff. Idrogr. R. Magistr. Acque di Venezia, Firenze.
- FERUGLIO E. (1925b): *Le Prealpi tra l'Isonzo e l'Arzino*, Assoc. Agraria Friulana, s.7, v. XXXIX-XL, 301 pp, Udine.
- FERUGLIO E. (1929): *Note illustrative della carta geologica delle Tre Venezie, foglio "Udine"*. Uff. idrogr. R. Magistr. Acque, sez. geol.; 77 pp., Padova.
- FINETTI I. (1967): *Ricerche sismiche a rifrazione sui rapporti strutturali fra il Carso e il Golfo di Trieste*. Boll. Geof. Teor. Appl., 9 (35), 214-225, Trieste.
- FISCHER A.G. (1964): *The Lower cyclothems of the Alpine Triassic*. Kansas Geol. Surv. Bull., 80: 549-552.
- FOGATO M., VAIA F. & SERIANI F. (1981): *Carta litologica della provincia di Pordenone*. Scala 1:25 000, I., S.TE., GEAP, Pordenone.
- FRASCARI F., VAI G.B. & ZANFERRARI A. (1979): *Profilo carnico centrale. Nota illustrativa sommaria*. Rend. Soc. Geol. It., 1(1978), 15-17.
- FRECH F. (1894): *Die Karnischen Alpen. Ein Beitrag zur vergleichenden Gebirgstektonik*. Abh. der Natur. Gesell. Zu Halle, 18.
- GALADINI F., POLI M.E. & ZANFERRARI A. (2005): *Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)*. Geophys. J. Int. (2005), 161, 739-762.
- GAROFALO M.L. & PUGLIESE N. (1990): *I sedimenti paleolacustri nell'alta valle del torrente Torre (Friuli orientale, Italia)*. Atti Museo Geol. Paleont. Monfalcone, Quad. Spec., 133-142.
- GEODETSKI ZAVOD SLOVENIJE (2000): *Geološka karta Slovenije, Merilo 1:500 000*, Kartografski oddelek, Ljubljana.
- GEYER G. (1896): *Ueber die geologischen Verhältnisse im Pontefeler Abschnitt der Karnischen Alpen*. Jahrb. k.k. Geol. Reichsanst., 46, 127-234, carta geol. 1:75 000, Wien.
- GEYER G. (1901): *Geologische Spezialkarte der Oesterreichisch-Ungarischen Monarchie. SW-Gruppe N. 71, Oberdrauburg und Mauten*, k.k. Geol. Reichsanstalt, carta geol. 1:75 000, Wien.
- GEYER G. (1902): *Geologische Spezialkarte der Oesterreichisch-Ungarischen Monarchie. SW-Gruppe, n. 70, Sillian und St. Stefano del Cadore*, carta geol. 1:75 000, Wien, k.k. Geol. Reichsanstalt.
- GHETTI S. (1987): *Evoluzione cretacea del margine occidentale della piattaforma friulana*. Tesi di dottorato di ricerca, Conserzio Univ. Ferrara, Firenze, Parma, Pavia, Perugia, Siena, 205 pp.
- GIANOLLA P. (1992): *Evoluzione mediotriassica del vulcanismo di Rio Freddo (Alpi Giulie, Italia)*. Mem. Sc. Geol., 44, 193-209, Padova.
- GIANOLLA P., DE ZANCHE V. & MIETTO P. (1998): *Triassic sequence stratigraphy in the Southern Alps (Northern Italy). Definition of sequences and basin evolution*. DE GRACIANSKY P. CH., JACQUIN T. & VAIL P.R. (Eds), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of Western European Basin*. S.E.P.M. Special Publication, 60: 719-747.
- GIRARDI A., ZANFERRARI A., DALL'ARCHE L. & TONIELLO V. (1981): *Paleofrane nella bassa valle dell'Arzino (Prealpi Carniche orientali)*. Mem. Sc. Geol., 34, 312-323, Padova.
- GNACCOLINI M. (1968): *Sedimentologia del Calcare di Soccher nella regione compresa tra la valle del T. Vajont (Pordenone) e l'Alpago (Belluno)*. Riv. It. Pal. Strat., 74 (3): 829-864.
- GNACCOLINI M. & MATTAVELLI L. (1969): *Esempi di sedimentazione ciclica nella zona interna del complesso di scogliera Barcis-Cansiglio*. Ist. Geol. Paleont., Univ. Milano, 1969, n. 8, 343-362.
- GORDINI E., CARESSA S. & MAROCCO R. (2003): *Nuova carta morfo-sedimentologica del Golfo di Trieste (da punta Tagliamento alla foce dell'Isonzo)*. Gortania. Atti Museo Friul. St.Nat., 25 (2003), 5-29, Udine.
- GORDINI E., RAMELLA R., ROMEO R., DEPONTE M. & MAROCCO R. (2005): *Indagini acustiche sugli affioramenti rocciosi del Golfo di Trieste (Adriatico settentrionale)*. Gortania, Atti Museo Friul. St. Nat., 26 (2004), 5-24, Udine.
- GORTANI M. (1911): *Di un'antica frana presso Tolmezzo*. In Alto, 22, 106-111, Udine.
- GORTANI M. (1915): *La frana di Clauzetto (marzo-aprile 1914)*. Publ. Uff. Idr. Mag. Acque, 65, pp 28, Venezia.
- GORTANI M. (1926): *Guida geologica del Friuli, Tolmezzo, Stabilimento Tipografico "Carnia"*.
- GORTANI M. (1960): *Bibliografia geologica d'Italia. Vol. VI: Friuli*. C.N.R. pp. 228, Napoli.
- GORTANI M. & DESIO A. (1925): *Carta geologica delle Tre Venezie: Foglio 14, Pontebba*. Scala 1:100 000. Uff. Idrogr. Magistr. Acque Venezia, Firenze.
- GORTANI M. & DESIO A. (1927): *Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 14 "Pontebba"*. Uff. Idrogr. Magistr. Acque Venezia, pp. 86, Padova.
- GORTANI M., DE TONI A. & ZENARI S. (1933): *Carta geologica delle Tre Venezie: Foglio 13, "Ampezzo"*. Scala 1:100 000. Uff. Idrogr. Magistr. Acque Venezia, Firenze.
- GORTANI M., SELLI R. & DI COLBERTALDO D. (1954): *Carta geo-*

- logica delle Tre Venezie: Foglio 14a "Tarvisio". Scala 1:100 000. Uff. Idrogr. Magistr. Acque Venezia, Padova.
- GRUPPO DI LAVORO CPTI (2004): *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*, versione 2004 (CPTI04). INGV, Bologna.
- JADOUL F. & NICORA A. (1979): *L'assetto stratigrafico-paleogeografico del Trias medio-superiore della Val d'Aupa (Carnia orientale)*. Riv. Ital. Pal. Strat., 85, 1, 1-30.
- JADOUL F., NICORA A., ORTENZI A. & POHAR C. (2002): *Ladinian stratigraphy and paleogeography of the Southern Val Canale (Pontebano-Tarvisiano, Julian Alps, Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., 57 (2002), 29-43.
- JURKOVŠEK, B. (1987): *Tolmač listov, lista Beljak in Ponteža L 33-51 L 33.52*. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- JURKOVŠEK, B., TOMAN M., OGORELEC B., ŠRIBAR L., DROBNE K., POLJAK M., ŠRIBAR L. (1996): *Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote Kredne in paleogene karbonatne kamnine 1: 50 000 - Geological map of the southern part of the Trieste-Komen Plateau, Cretaceous and Paleogene carbonate rocks*, GZL, Ljubljana.
- LARGAIOLLI T. & SEMENZA E., (1966): *Studi geologici sulla zona della Giunzione Cadorina (Cadore orientale)*. Studi Tr. Sc. Nat., sez. A, 43 (1): 157-199, Trento.
- MAROCCHIO R. (1995): *Stop 5 - Lagune di Marano e Grado-Origine ed evoluzione del complesso paralico*. Atti Museo Geol. Paleont. Monfalcone, Quad. spec. 3, 143-154.
- MARTINIS B. (1951): *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 40 A "Gorizia"*. Uff. Idrogr. Mag. Acque Venezia, Firenze.
- MARTINIS B. (1962): *Ricerche geologiche e paleontologiche sulla regione compresa tra il T. Iudrio ed il F. Timavo (Friuli orientale)*. Riv. It. Pal. Strat., Mem. 8, pp. 244.
- MARTINIS B. (1971): *Geologia generale e geomorfologia*. In: Enciclop. Monograf. Friuli-Venezia Giulia. Vol. 1(1), 85-172, Ist. Encicl. FVG, Udine.
- MARTINIS B. (a cura di) (1977): *Studio geologico dell'area maggiormente colpita dal terremoto friulano del 1976*, Riv. Ital. Paleont., 83, 2, 199-393, Milano.
- MARTINIS B. (a cura di) (1979): *Le acque sulfuree di Arta (Carnia) ed il loro ambiente geologico*. Aviani Ed., Udine. pp. 185.
- MARTINIS B. (1985): *Il lago quaternario di Forni di Sotto*. In Alto, 7, 71-83, Udine.
- MASETTI D. (1996): *Stratigrafia*. In: COSTA V., DOGLIONI C., GRANDESSO P., MASETTI D., PELLEGRINI G.B. & TRACANELLA E.: *Note illustrative del F° 063 Belluno*. Serv. Geol. d'Italia, Roma.
- MASETTI D. & BOTTONI A. (1978): *L'Encrinite di Fanes e suo inquadramento nella paleogeografia giurassica dell'area dolomitica*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 84 (1), 169-186, Milano.
- MASETTI D., CLAPS M., GIACOMETTI A., LODI P. & PIGNATTI P. (1998): *I calcari Grigi della piattaforma di Trento (Lias Inferiore e Medio, Prealpi Venete)*. Atti Tic. Sc. Terra, 40, 139-183.
- MASSARI F., GRANDESSO P., STEFANI C. & ZANFERRARI A. (1984): *The Oligo-Miocene Molasse of the Veneto- Friuli region, Southern Alps*. Giorn. Geol., s. 3a, 48/1-2, 235-255, Bologna.
- MERLINI S., DOGLIONI C., FANTONI R. & PONTON M. (2002): *Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l'avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia - Italia)*. Mem. Soc. Geol. It., 57, 293-300.
- MICHELUTTI G., ZANOLLA S. & BARBIERI S. (2003): *Suoli e paesaggi del Friuli Venezia Giulia. 1. Pianura e colline del pordegonese*, Carta 1:100 000, ERSA Agenzia regionale per lo sviluppo rurale, pp. 510.
- MORLOT A. (von) (1848): *Ueber die geologischen Verhältnisse von Istrien mit Berücksichtigung Dalmatiens und der angrenzenden Gegenden Kroatiens, Unterkrains und des Görzer Kreises*. Naturwiss. Abhandl. Von Haidinger, 1, 257-319, Wien.
- MUSCIO G. (a cura di) (2003): *Glaciers, l'età dei ghiacci in Friuli, ambienti, climi e vita negli ultimi 100 000 anni*. Comune di Udine, Museo Friul. Storia Naturale, pp. 165.
- NICOLICH R. & DAL PIAZ G.V. (1990): *Moho isobaths*. In: C.N.R., P.F. Geodinamica: *Structural Model of Italy*, Sh 2, Tip. S.EL.CA.
- NICOLICH R., DELLA VEDOVA B., GIUSTINIANI M. & FANTONI R. (2004): *Carta del sottosuolo della Pianura friulana*, Reg. Auton. Friuli Venezia Giulia, Direz. Centr. Ambiente e Lavori Pubblici, Servizio geologico, L.A.C., Firenze.
- OGS (1977-1981): *Bollettino della Rete Sismologica del Friuli - Venezia Giulia*. OGS, Trieste.
- OGS (1982-1990): *Bollettino della Rete Sismometrica dell'Italia Nord-Orientale*. OGS, Trieste.
- OGS (1991-1999): *Bollettino della Rete Sismometrica del Friuli - Venezia Giulia*. OGS, Trieste.
- PAIERO G. & MONEGATO G. (2003): *The Pleistocene evolution of Arzino alluvial fan and western part of Tagliamento morainic amphitheatre (Friuli, NE Italy)*. Il Quaternario, 16(1), 185-193.
- PALESE G. & SACCO F. (1922): *Carta geologica della Venezia Giulia, in scala 1:200 000*, Società Alpina delle Giulie, Trieste.
- PERNARCIC E. (2001): *Evoluzione giurassica del margine settentrionale della Piattaforma del Friuli*. Tesi inedita di Dottorato di ricerca in "Geofisica della Litosfera e Geodinamica", Univ. di Trieste (tutore G.B. Carulli, correlatore M. Ponton).
- PIANO C. & CARULLI G.B. (2002): *Sedimentazione e tettonica giurassica nella successione del gruppo del Monte Verzegnis (Prealpi Carniche nord-orientali)*. Mem. Soc. Geol. It., 57: 115-122.
- PIRONA (1861): *Cenni geognostici sul Friuli*. Annuario Assoc. Agr. Friuli, 4, 259-299, 1 carta geol. 1:332 000, Udine.
- PISAG G. (1972): *La geologia dei monti a Nord di Forni di sotto (Carnia occidentale)*. Giorn. Geol., Ser 2, 38 (1970), II, 543-688, Bologna.
- PISAG G. (1974): *Tentativo di ricostruzione paleoambientale e paleo-strutturale dei depositi di piattaforma carbonatica medio triassica delle Alpi Carniche sud-occidentali*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 35-83, Roma.
- PISAG G. & PANDOLFI M. (1975): *Osservazioni naturalistiche nei dintorni di Casera Razzo (Carnia occidentale)*. Natura e Montagna, 1-2, 57-78, Bologna.
- PISA G., MARINELLI M. & VIEL G. (1980): *Infraraibl group: a proposal (Southern calcareous Alps, Italy)*. Riv. It. Paleont. Strat., 85 (3-4), 983-1002.
- PLACER L. (1981): *Geološka zgradba jugozahodne Slovenije*. Geologija, 24/1, 27-60, Ljubljana.
- PLACER L. (1998): *Structural meaning of the Sava folds*. Geologija, 41, 1-487, Ljubljana.
- PLACER L. (2005): *Strukturne posebnosti severne Istre (Structural curiosity of the northern Istria)*. Geologija, 48/2, 245-251.
- PLACER L., KOŠIR A., POPIT T., ŠMUC A. & JUVAN G. (2004): *The Buzet Thrust fault in Istria and overturned carbonate megabeds in the Eocene flysch of the Dragonja valley (Slovenia)*. Geologija, 47/2, 193-198. Ljubljana.
- PLENIČAR M., POLŠAK A. & ŠIKIĆ D. (1969): *Osnovna geološka karta SFRJ, list Trst*, 1:100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- PLENIČAR M., POLŠAK A. & ŠIKIĆ D. (1973): *Tolmač za list Trst L 33-88*. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- PODDA F. (1998): *Evoluzione del margine nord-occidentale della piattaforma friulana nell'intervallo Triassico sup.-Giurassico inf.: suoi rapporti con il bacino bellunese e relative implicazioni geodinamiche*. Tesi inedita di Dottorato di ricerca in "Geofisica della Litosfera e Geodinamica", Univ. di Trieste (tutore G.B. Carulli, correlatore M. Ponton).
- POLI M.E. (1995): *Analisi strutturale del Monte di Medea (Friuli): tettonica polifasica nell'avampaese sudalpino orientale*. Atti Tic. Sc. Terra (serie spec.) 4, 103-113, Pavia.
- POLI M.E., PERUZZA L., REBEZ A., RENNER G., SLEJKO D. & ZANFERRARI A. (2002): *New seismotectonics evidence from the analysis of the 1976-77 and 1977-1999 seismicity in Friuli (NE Italy)*. Boll. Geof. Teor. Appl., 43, 1-2, 53-78, Trieste.
- POLJAK M. (2000): *Strukturno-tektonska karta Slovenije*. Scala 1:250 000, Geološki Zavod Slovenije, Ljubljana.
- PONTON M. (2000): *La tettonica del gruppo del M. Canin e la linea Val Resia-Val Coritenza (Alpi Giulie occidentali)*. Mem. Soc. Geol. It., 57 (2002), 283-292.
- PONTON M. (2001): *Schema geologico delle Prealpi Carniche orientali*. In: MUSCIO G. (a cura di): *Il fenomeno carsico delle Prealpi Carniche orientali (Friuli)*. Mem. Ist. Ital. Speleol., s.II, 12, pp. 151, Udine.

- PREMRU U. (1982): *Geološka zgradba južne Slovenije*. Geologija, 25/1, 95-126, Ljubljana.
- PRETO N., ROGGI G. & GIANOLLA P. (2005): *Carnian stratigraphy of the Doga area (Julian Alps, northern Italy): tessera of a complex palaeogeography*. Boll. Soc. Geol. It., 124 (2005), 269-279, Roma.
- RAVNIK D. (1991): *Geothermal investigations in Slovenia*. Geologija, Lubljana, 34, 265-303.
- REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA (2005): Elementi vari della *Carta geologico-tecnica e geologico-formazionale dei fogli 1:50 000 "Caresana", "Cividale del Friuli", "Gorizia", "Grado", "Lignano Sabbiadoro", "Palmanova" e "Trieste"*, Università degli Studi di Trieste e di Udine.
- RIVA M., BESIO M., MASETTI D., ROCCATI F., SAPIGNI M. & SEMENZA E. (1990): *Geologia delle Valli Vaiont e Gallina (Dolomiti Orientali)*. Ann. Univ. Ferrara, NS, Sez. Sc. Terra, 2, Carta geol. e profili geol. in scala 1:25 000.
- ROSSI D., MASETTI D. & MANTOVANI F. (1988): *Carta geologica del territorio friulano compreso tra il T. Arzino e il T. Meduna*. Scala 1:25 000. Litogr. Artist. Cartogr., Ferrara.
- SARTORIO D., TUNIS G. & VENTURINI S. (1987): *Nuovi contributi per l'interpretazione geologica e paleogeografica delle Prealpi Giulie (Friuli orientale): il pozzo SPAN I*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 93 (2), 181-200, Milano.
- SARTORIO D., TUNIS G. & VENTURINI S. (1997a): *Schema geologico della valle dello Iudrio*. In: MUSCIO G. (a cura di): *Il fenomeno carsico delle valli del Natisone*. Mem. Ist. Ital. Speleologia, s. II, 9, pp. 168, Udine.
- SARTORIO D., TUNIS G. & VENTURINI S. (1997b): *The Iudrio Valley section and the evolution of the northeastern margin of the Friuli Platform (Julian Prealps, NE Italy, -W Slovenia)*. Mem. Sc. Geol., 49, 163-193, Padova.
- SCHEDA J. (1847): *Geognostische Karte des oesterreichischen Kaiserstaates mit einem grossen Theile Deutschlands und Italien*, (1:3 370 000), Wien.
- SELLI R. (1963): *Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie occidentali*. Giorn. Geol., ser. 2, 30(1962), 1-136, Bologna.
- SELLI R. (1963b): *Carta geologica del Permo-Carbonifero pontebbanese*. Scala 1:20 000. Lit. Art. Cart., Firenze.
- SEMENTA E. (2001): *La storia del Vaiont raccontata dal geologo che ha scoperto la frana*. Tecomproject, Ferrara.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2002): *Manuale cromatico di riferimento per la stampa delle carte geologiche*. Carta Geologica d'Italia, Prog. CARG, Reg. Emilia Romagna, S.EL.CA., Firenze.
- SGOBINO F., MAINARDIS G. & CHIUSSI E. (1983): *Geologia, flora, fauna e paesaggio del Gemonese. Comunità Montana del Gemonese*. 1 carta geolitol. 1:50 000, 1 carta turistica 1:50 000, pp. 290, Arti Grafiche Friulane, Udine.
- SGOBINO F. (a cura di) (1992): *Il campo di Osoppo-Gemona*. WWF sez. Friuli Collinare, 82 pp., S. Stefano di Buia.
- SGOBINO F. (1994): *Il Parco naturale delle Prealpi Giulie: 2/Geologia e clima*. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Comuni di Chiusaforte, Moggio Udinese, Resia, Resiutta e Venzone. pp. 48, Coop. Utopie Concr., Venzone.
- SLEJKO D., CARULLI G.B., CARRARO F., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987): *Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale*. C.N.R.-G.N.D.T., Rend. n. 1, pp. 82, 3 carte scala 1:500 000, Trieste.
- SLEJKO D., NERI G., OROZOVA I., RENNER G. & WYSS M. (1999): *Stress field in Friuli (NE Italy) from fault plane solutions of activity following the 1976 main shock*. Bull. Seism. Soc. Am., 89, 1037 - 1052.
- ŠMUC A. & GORIČAN Š. (2005): *Jurassic sedimentary evolution of a carbonate platform into a deep-water basin, Mt. Mangart (Slovenian-Italian border)*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 111 (1) 45-70.
- SPALLETTA C., VAI G.B. & VENTURINI C. (1980): *Il Flysch ercinico nella geologia dei Monti Paularo e Dimon (Alpi Carniche)*. Mem. Soc. Geol. It., 20 (1979), 243-265.
- STACHE G. (1874): *Die palaeozoischen Gebiete der Ostalpen*. I. Jahrb. k.k. Geol. Reichsanst., 24, 135-272, 2 tavv., carta geol. 1:2 000 000 circa, Wien.
- STACHE G. (1889): *Die Liburnische Stufe un deren Grenz-Horizonte*. I. Uebersicht der geologischen Verhältnisse der Künstenländer von Oesterreich-Ungarn. Abhandl. K.k. Geol. Reichsanst., 13, 1, 1-84, carta geol. 1:1 008 000, Wien.
- STACHE G. (1920): *Nachtrag zur "Geologischen Spezialkarte der im Reichsrate vertretenen Königreiche und Länder der österreichisch-ungarischen Monarchie". SW-Gruppe N. 102, Zone 23 Kol. IX, Bl. "Triest"; SW-Gruppe N. 97, Bl. "Görz und Gradisca"*, 1:75 000, Geol. Bundesanst., Wien.
- STEFANI C. (1982): *Geologia dei dintorni di Fanna e Cavasso Nuovo (Prealpi Carniche)*. Mem. Sc. Geol., 35, 203-212, 2 figg., 1 carta geol., Padova.
- TAGLIAFERRI A., GOTTARDO C., BARBINA G., MICHELUTTI M., STRASSOLODO M. & FORAMITTI R. (1990): *Bassa Friulana - tre secoli di bonifica*. Consorzio di Bonifica Bassa Friulana, CRUP, pp. 302, Udine.
- TARAMELLI T. (1881): *Carta Geologica del Friuli rilevata negli anni 1867-74*. Scala 1:200 000, Pavia.
- TARAMELLI T. (1881): *Spiegazione della Carta Geologica del Friuli*, pp. 187, Tip. Fusi, Pavia.
- TARAMELLI T. (1882): *Geologia delle Provincie Venete con carte geologiche e profili*. Mem. R. Acc. Lincei, s.3, 13, 303-536, Roma.
- TENTOR M., TUNIS G. & VENTURINI S. (1994): *Schema stratigrafico e tettonico del Carso isontino*, Natura nascosta, 9, 1-32, Monfalcone.
- TUNIS G. & VENTURINI S. (1984): *Stratigrafia e sedimentologia del flysch maastrichtiano-paleocenico del Friuli orientale*. Gortania, Atti Museo Friul. St. Nat., 6, 5-58, Udine.
- TUNIS G. & VENTURINI S. (1986): *Nuove osservazioni stratigrafiche sul Mesozoico delle Valli del Natisone (Friuli orientale)*. Gortania, Atti Museo Friul. Storia Nat., 8, 17-68, Udine.
- TUNIS G. & VENTURINI S. (1987): *New data and interpretation on the geology of the southern Julian Prealps (eastern Friuli)*. Mem. Soc. Geol. It., 40, 219-229.
- TUNIS G. & VENTURINI S. (1997): *La geologia delle valli del Natisone*. In: MUSCIO G. (a cura di): *Il fenomeno carsico delle valli del Natisone*. Mem. Ist. Ital. Speleologia, s. II, 9, pp. 168, Udine.
- VAI G.B. (1998 cum bibl.): *Field trip through the Southern Alps: an introduction with geologic settings, palaeogeography and Palaeozoic stratigraphy*. Giorn. Geol., ser. 3a, 60, 1-38. Spec. Issue, ECOS VII Southern Alps Field Trip Guidebook, Bologna.
- VAI G.B. & COCOZZA T. (1986): *Tentative schematic zonation of the Hercinian chain in Italy*. Bull. Soc. Géol. France, 6, 95-114.
- VAI G.B., VENTURINI C., CARULLI G.B. & ZANFERRARI A. (Coord.) (2002): *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie (Friuli Venezia Giulia)*, Guide Geologiche regionali, Soc. Geol. Ital., BE-MA Editrice, pp. 387.
- VENTURINI C. (1981): *F° Tarvisio*. In: CASTELLARIN A. (a cura di): *Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200 000*, 19-22. Pubbl. n° 441, P.F. Geodinamica, CNR.
- VENTURINI C. (1983, a cura di): *Il Paleozoico Carnico: le rocce, i fossili, gli ambienti*. Museo Friul. St. Nat., Comune di Udine, pp. 130.
- VENTURINI C. (1986): *Permian red beds of the Val Gardena Sandstone in the Carnic Alps*. In: Italian Res. Group IGCP Pr. N. 203 (Ed.), Field conference on Permian-Triassic Boundary in the Southalpine segment of the Western Tethys. Excursion Guidebook, 54-65.
- VENTURINI C. (1986b): *I depositi quaternari di Ponte Racli (PN, Prealpi Friulane)*, Gortania, Atti Museo Friul. Storia Nat., 7 (85), 37-58, Udine.
- VENTURINI C. (1988): *L'anfiteatro morenico del Tagliamento: evidenze di archi würmiani sepolti nelle alluvioni dell'alta pianura friulana e relative implicazioni glaciali e neotettoniche*. Gortania, Atti Museo Friul. Storia Nat., vol. 10, 65-80.
- VENTURINI C. (1990): *Geologia delle Alpi Carniche centro-orientali*. Mus. Friul. St. Nat. Udine, Pubbl. 36, pp. 220.
- VENTURINI C. (Ed.) (1991): *Tectonics and stratigraphy of the Pramollo basin (Carnic Alps)*. Giorn. Geol., 53 (1), pp. 240.
- VENTURINI C. (2002): *Carta geologica delle Alpi Carniche*. 2 fogli 1:25 000, Ed. Museo Friul. di Storia Nat., Udine.
- VENTURINI C. (2003): *Il Friuli nel Quaternario: l'evoluzione del territorio*. In: MUSCIO G. (a cura di) (2003): *Glaciers, l'età dei ghiacci in Friuli, ambienti, climi e vita negli ultimi 100 000 anni*.

- Comune di Udine, Museo Friulano di Storia Naturale, pp.165.
- VENTURINI C. & SPALLETTA C. (1998, *cum bibl.*): *Remarks on the Paleozoic stratigraphy and the Hercynian tectonics of the Palaeo-carnic Chain (Southern Alps)*. Giorn. Geol., ser. 3a, v. 60, Spec. Issue, ECOS VII Southern Alps Field Trip Guidebook, 69-88.
- VENTURINI C., ASTORIA. & CISOTTO A. (2005): *The Late Quaternary evolution of the Friuli upper plain (NE Italy)*. In: PASQUARÈ G. & VENTURINI C. (Eds), "Mapping Geology in Italy", APAT-Dipartim. Difesa del Suolo, 95-106, Roma.
- VENTURINI C., DISCENZA K. & GARUTI D. (2005): *The drafting project of a composite geosite: Tje Early Holocene Sutrio paleolake*. In: PASQUARÈ G. & VENTURINI C. (Eds), "Mapping Geology in Italy", APAT-Dipartim. Difesa del Suolo, 315-324, Roma.
- VENTURINI S. (2002): *Il pozzo Carnagacco 1: un punto di taratura stratigrafica nella pianura friulana*. Mem. Soc. Geol. It., 57: 11-18.
- VENTURINI S. & TUNIS G. (1988): *Nuovi dati ed interpretazioni sulla tettonica del settore meridionale delle Prealpi Giulie e della regione al confine fra Italia e Jugoslavia*. Gortania, Atti Mus. Fr. St. Nat., 10, 5-34, Udine.
- VENTURINI S. & TUNIS G. (1991a): *Segnalazione di depositi miocenici nella Val Tremugna e presso Osoppo (Friuli)*. Atti Tic. Sc. Terra, 34, 39-42, Pavia.
- VENTURINI S. & TUNIS G. (1991b): *Nuovi dati stratigrafici, paleoambientali e tettonici sul Flysch di Cormons*. Gortania, Atti Museo Friul. St. Nat., 13, 5-30, Udine.
- VIEL G. (1979): *Litostratigrafia ladinica: una revisione. Ricostruzione paleogeografica e paleostrutturale dell'area dolomitica cadarina (Alpi Meridionali)*: I parte. Riv. Ital. Paleont., 85(1): 85-125; II parte. Riv. Ital. Paleont., 85(2): 297-352.
- ZANFERRARI A. (1973): *Osservazioni geologiche sui terreni attraversati dalle gallerie dell'autostrada di Alemagna presso Vittorio Veneto - Significato dei dati in rapporto alla tettonica del margine meridionale del Cansiglio*. Mem. Soc. Geol. It., 12 (1973), 529-548.
- ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. & SAURO U. (1982): *Evoluzione neotettonica dell'Italia Nord Orientale*. Mem. Sc. Geol., 35, 355-376, Padova.
- ZANFERRARI A. & POLI E. (1994): *Il basamento sudalpino orientale: stratigrafia, tettonica varisica e alpina, rapporti copertura basamento*. Studi geol. camerti, vol. spec. (1992/2), CROP 1-1A, 299-302.
- ZENARI S. (1927): *Carta geologica delle Tre Venezie: Foglio 24, Maniago*. Scala 1:100 000. Uff. Idrogr. Magistr. Acque Venezia, Venezia.
- ZENARI S. (1929): *Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie: Foglio Maniago*. Min. LL. Pubbl., Sez. Geol., Uff. Idrogr. R. Magistr. Acque, pp. 102, Padova.
- ZUCCHINI R. (1998): *Miniere e mineralizzazioni nella provincia di Udine. Aspetti storici e mineralogici*. Comune di Udine, Ediz. Museo Friulano Storia Natur., pubbl. n. 40, pp. 145, Udine.
- Tesi di laurea inedite discusse all'Università degli Studi di Trieste**
- ALBORGHETTI A. (1975): *Indagine geochimica sulle piattaforme carbonatiche tra Ampezzo e Sauris*. (relatore D. Stolfa, correlatore G.B. Carulli).
- BEANO A. (1974): *Prospezione geochimica dello zinco nelle Dolomiti Pesarine (Carnia)*. (rel. D. Stolfa, correl. G.B. Carulli).
- BERNT F. (1976): *Indagine geochimica sulle piattaforme carbonatiche a nord di Forni di sopra*. (rel. D. Stolfa, correl. G.B. Carulli).
- BOSCHIAN G. (1985): *Deformazioni crostali nell'arco alpino orientale*. (rel. M. Zadro, correl. G.B. Carulli).
- CANE G. (1994): *Studio geologico strutturale del Monte Bernadia (Friuli orientale)*. (rel. G.B. Carulli, correl. M. Ponton).
- COMICI C. (1990): *Il Cretacico di un settore del Carso monfalconese*. (rel. G.B. Carulli, correl. C. Pirini Radrizzani, G. Longo Salvador).
- CRUPI E. (2001): *La geologia del gruppo del Monte Pala (Prealpi Carniche)*. (rel. G.B. Carulli).
- FATTOREL S. (1996): *Rilevamento geologico del versante destro della media Val Cellina (Valli Chiabledina, Prescudin e Pentina)*. Università degli Studi di Ferrara (rel. D. Masetti, correl. E. Semenza).
- FERRARI P. (1990): *La geologia della bassa valle del Torrente Chiarzò (Carnia centrale)*. (rel. G.B. Carulli).
- FUSETTI D. (1997): *La geologia del gruppo del Monte Raut (Prealpi Carniche)*. (rel. G.B. Carulli).
- GAROFALO M.L. (1985): *L'evoluzione quaternaria dell'alto bacino del torrente Torre (Prealpi Giulie)*. (rel. G.B. Carulli).
- LOSS A. (1998): *La geologia delle Prealpi Tramontine orientali*. (rel. G.B. Carulli, correl. M. Ponton).
- MAURO M., (1996): *Geologia delle Prealpi Clautane occidentali (Friuli)*. (rel. G.B. Carulli, correl. M. Ponton).
- MENEGAZZI R. (1976): *Indagine geochimica sulle piattaforme carbonatiche a nord di Ampezzo*. (rel. D. Stolfa, correl. G.B. Carulli).
- MEREU A. (2000): *Idrogeologia e vulnerabilità dell'alta pianura pordenonese*. (rel. F. Cucchi).
- MICALLI R. (1981): *Distribuzione di alcuni elementi in una successione carnica e studio geologico del bacino del T. Vinadia (Carnia)*. (rel. D. Stolfa, correl. G.B. Carulli).
- MUSCO D. (1986): *La geologia del settore fra Meduno e Maniago (Prealpi Carniche)*. (rel. G.B. Carulli, correl. G. Longo Salvador).
- NOACCO A. (1987): *Il passaggio Mesozoico-Cenozoico a Nord di Maniago (Pordenone)*. (rel. G.B. Carulli, correl. G. Longo Salvador).
- PARONUZZI P. (1982): *Variazioni litologiche nel conglomerato della media valle del Tagliamento*. (rel. G.B. Carulli).
- PASCOLO G. (1994): *La geologia della conca di Ampezzo*. (rel. G.B. Carulli).
- PERUZ M. (1999): *Geologia dei gruppi Cridola, Monfalconi e Spalti di Toro (Prealpi Carniche)*. (rel. G.B. Carulli, correl. M. Ponton).
- PIANO C. (1997): *Analisi di facies giurassiche delle Prealpi Carniche nord-orientali*. (rel. G.B. Carulli, correl. M. Ponton).
- PITTINO P. (1992): *Evoluzione quaternaria dell'alto Tagliamento*. (rel. G.B. Carulli).
- POLONIA A. (1990): *Analisi strutturale di un settore dell'alta valle del fiume Tagliamento (Carnia occidentale)*. (rel. M. Zadro, correl. G.B. Carulli e C. Ebblin).
- PONTON M. (2000): *La conca di Paularo (Carnia): il limite Permian-Triassic nel suo contesto geologico*. (rel. G.B. Carulli, correl. C. Pirini Radrizzani).
- PRODAN M. (2002): *Rilievo gravimetrico ed interpretazione strutturale della provincia di Trieste*. (rel. F. Fanucci, correl. F. Coren & F. Palmieri).
- RIULINI M. (1999): *La geologia del bacino del torrente Faeit (Prealpi Carniche)*. (rel. G.B. Carulli, correl. M. Ponton).
- ROMEO R. (1996): *Geologia del gruppo dei monti S. Simeone e Brancot (Prealpi Carniche)*. (rel. G.B. Carulli, correl. M. Ponton).
- ROTA S. (1987): *La geologia dei monti a nord di Forni di Sopra (Udine)*. (rel. G.B. Carulli, correl. G. Longo Salvador).
- SCAREL S. (1988): *La geologia della catena del Faeit (Prealpi Carniche)*. (rel. G.B. Carulli).
- SERAVALLI M. (1991): *La geologia dei rilievi ad oriente di Gemona del Friuli*. (rel. G.B. Carulli).
- SIMONETTI . (1992): *La geologia del Gruppo dei Monti Tersadia e Cucco (Carnia centrale)*. (rel. G.B. Carulli).
- TONELLI N. (2001): *L'origine dei blocchi calcarei del parco di Miramare (Trieste)*. (rel. G.B. Carulli).
- TORRESIN M. (1999): *La geologia del gruppo del Monte Ciaurlec (Prealpi Carniche)*. (rel. G.B. Carulli, correl. M. Ponton).
- TURCO S. (1985): *La geologia del fianco destro dell'alta val Tagliamento*. (rel. G.B. Carulli).
- VENIER A. (1995): *Considerazioni stratigrafiche e naftogeniche sulla "Formazione del Monticello" (Trias superiore) nel Friuli nord-orientale*. (rel. G.B. Carulli).
- ZIRALDO G. (1974): *Indagine geochimica sulle piattaforme carbonatiche medio-triassiche a Nord di Forni di sotto (Carnia)*. (rel. D. Stolfa, correl. G.B. Carulli, correl. P. Scotti).
- ZOTTI R. (1979): *Distribuzione di alcuni elementi in una successione carnica e studio geologico dell'area di Raveo (Carnia)*. (rel. D. Stolfa, correl. G.B. Carulli e G. Longo Salvador).

