

Introduzione alla geologia della catena delle Alpi

Fra le catene montuose che si affacciano sul Mediterraneo quella alpina è sicuramente la più affascinante (fig. 1) e la più conosciuta, sia per il suo intenso popolamento iniziato fin dall'ultima glaciazione ma anche, scientificamente, dal punto di vista geologico grazie agli studi dei ricercatori (francesi, italiani, svizzeri, tedeschi,...) che l'hanno interpretata, fino dal 1800, avvalendosi anche dei dati emersi dai numerosi tagli stradali e trafori che la attraversano.

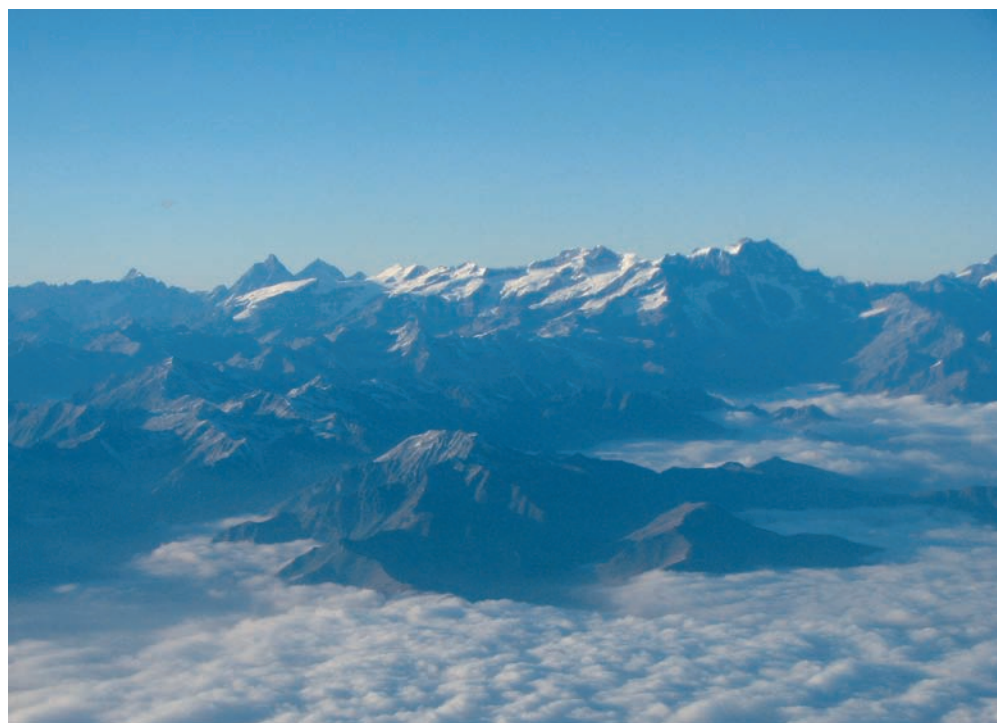


Fig. 1 - Veduta aerea delle Alpi Occidentali

La catena, che salda (è il caso di dirlo, come vedremo) la penisola italiana al resto dell'Europa, ha il ben noto sviluppo in senso longitudinale, debolmente arcuato verso nord, esteso per circa 1.200 km dal territorio francese a quello magiaro.

La sua massima larghezza raggiunge i 200 km circa, lungo la direttrice Verona-Monaco di Baviera, cioè fra la pianura padana centrale e la piana bavarese (bacino della molassa), aree sub-pianeggianti sulle quali si affacciano i due fronti, meridionale e settentrionale rispettivamente, della catena. Ad occi-



Fig. 2 - Carta geologica delle Alpi. I diversi colori individuano formazioni geologiche diverse per litologia, età ed ambienti. Le diverse tonalità di verde indicano gli spessori, in progressivo aumento verso il margine appenninico, dei depositi plio-quadernari che occupano la fossa padana (da Bigi et al., 1983)

dente essa inverte la direzione ruotando bruscamente verso sud e poi verso est per saldarsi alla catena appenninica in corrispondenza di una discussa linea tettonica (linea Sestri-Voltaggio). Ad oriente invece, le Alpi tendono a proseguire nelle Dinaridi e nei Carpazi, catene dalla storia geologica in parte diversa da quella alpina¹. Com'è noto, la massima quota è raggiunta nei 4810 m del M. Bianco.

Al di là delle suddivisioni geografiche ufficiali o nazionali, e di simpatiche frasi mnemoniche di reminiscenza scolastica²

che assegnano alle Alpi ripartizioni e suddivisioni, la geologia ha adottato una distinzione in settori sovranazionali, condivisi da tutti gli studiosi, che hanno per base gli originari ambienti di provenienza di quel complesso e straordinario mosaico che è la geologia della catena (fig. 2).

Già dal contrasto cromatico espresso dalla figura emergono subito due fasce, a sviluppo longitudinale, ciascuna delle quali ha una propria individualità nell'accostamento dei colori. Esse sono nettamente separate da una linea blan-

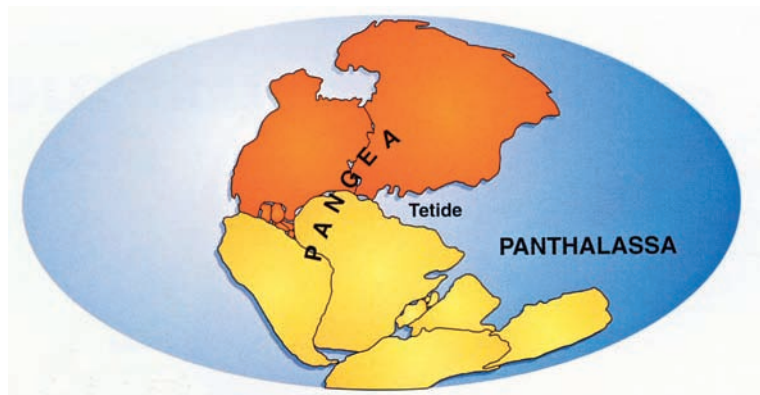


Fig. 3 - Ricostruzione della Pangea alla fine del Paleozoico. In colore arancio la Laurasia, in giallo il Gondwana (da Bosellini, 1996)

damente ondulata in direzione generica E-W che si sviluppa per oltre 600 km all'incirca dalla Slovenia centrale al Piemonte occidentale: è la "linea insubrica" (o "lineamento periadriatico"), enorme disturbo tettonico che separa unità originariamente adiacenti ed affini per provenienza ma con diversa destinazione e collocazione e diverso sviluppo tettonico.

Per comprendere il significato di questa espressione bisogna tracciare, molto sinteticamente, la lunga e complessa storia geologica che ha portato alla formazione della catena. Alla fine del Paleozoico (circa 250 Ma, cioè milioni di anni addietro) il supercontinente Pangea circondato dal superoceano Panthalassa (fig. 3) cominciò a frammentarsi individuando alcune grandi zolle continentali separate fra loro dagli embrioni dei futuri oceani che si sarebbero progressivamente espansi a seguito della "deriva dei continenti".

La Pangea era formata dall'unione di Laurasia, a nord (dal quale si formeranno il continente europeo, quello nord-americano e quello asiatico, tranne la penisola indiana) e Gondwana a sud, supercontinente dell'emisfero meridionale ed embrione dell'America del sud, Africa, India, Australia ed Antartide. Laurasia e Gondwana erano individuati dalla Tetide, un amplissimo e pronunciato braccio oceanico che penetrava profondamente da oriente nella Pangea e dal quale sarebbero nate tutte le catene circummediterranee e quella himalayana. In prima, suggestiva, approssimazione il Mediterraneo può essere considerato un relitto della primitiva Tetide.

Con il lungo passare dei tempi geologici l'apertura progressiva degli oceani, a seguito dell'espansione dei fondi oceanici, porterà all'allontanamento progressivo delle placche continentali ma anche alla loro rotazione con avvicinamento dell'Africa alla Laurasia e progressiva ridu-

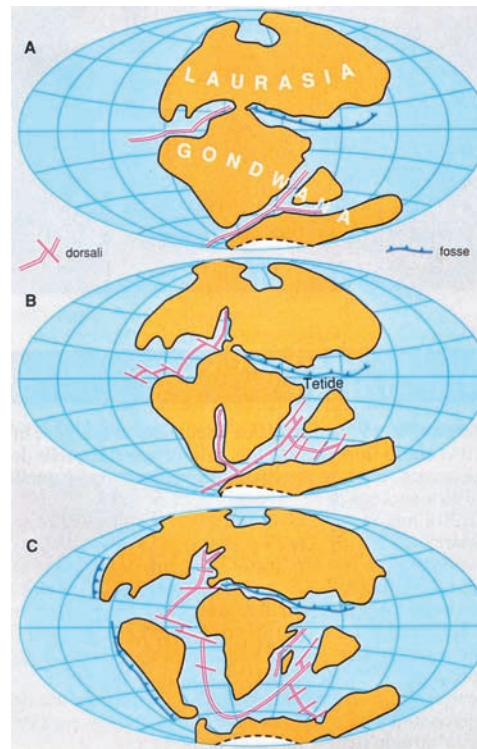


Fig. 4 - L'evoluzione della Pangea nei tempi geologici. A: 200 Ma, periodo Triassico; B: 145 Ma, fine periodo Giurassico; C: 65 Ma, fine periodo Cretaceo. Si noti la progressiva apertura dell'Oceano Atlantico con conseguente chiusura della Tetide e la veloce deriva verso nord del blocco indiano dalla cui collisione con il margine meridionale della Laurasia sorgerà la catena himalayana (da Accordi et al., 1993)

zione, attraverso fasi diverse, dell'oceano tetideo (fig. 4). Da esso, a seguito dello scontro delle placche, emergeranno le catene montuose alpino-himalayane formate dai sedimenti che vi si erano depositi, da quelli oceanici di mare profondo a quelli di mare sottile sui margini continentali sia euroasiatici sia africani (fig. 5).

La distinzione in domini alpini adottata dalla Geologia, ed introdotta in precedenza, si basa sulla paleogeografia della Tetide nella sua evoluzione mesozoica (da

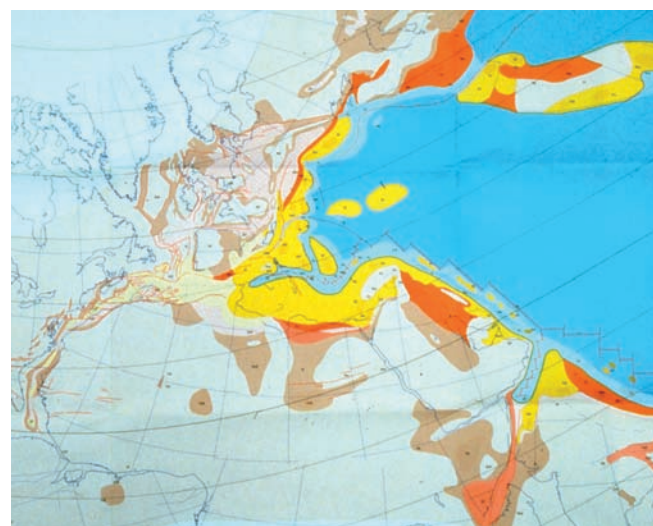


Fig. 5 - Ricostruzione della paleogeografia alla fine del Triassico (215 milioni di anni fa). In giallo sono rappresentate le aree di sedimentazione di mare sottile. Da quelle, al centro della figura, sul margine continentale africano (a sinistra si riconosce il limite occidentale della futura Africa, prima dell'apertura dell'Atlantico) deriveranno molte delle formazioni geologiche oggi presenti nelle Alpi quali, ad esempio, le Dolomiti di età per l'appunto triassica (da Marcoux et al., 1993)

250 a 100 Ma), prima della sua definitiva chiusura. Essi, da N a S, sono (fig. 6):

- Elvetico: margine mesozoico della piattaforma continentale europea
- Pennidico (e Ligure Piemontese): prevalente bacino oceanico tetideo intermedio
- Austroalpino: blocco continentale africano
- Alpi Meridionali (o Sudalpino): margine mesozoico della piattaforma continentale africana

La loro originaria distribuzione relativa, in una ipotetica ricostruzione molto schematica, è riportata nella fig. 7.

Da quanto sopra descritto e dalla successiva fig. 8 è evidente che, a grandi linee,

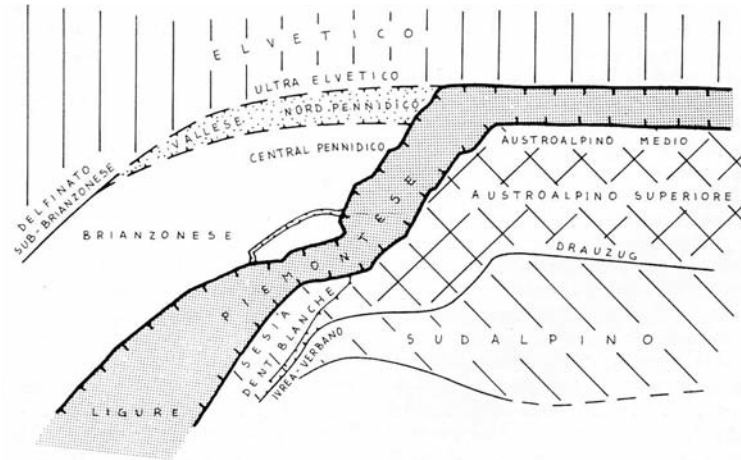


Fig. 7 - Distribuzione schematica dei domini paleogeografico-strutturali caratterizzanti la Tetide nel Mesozoico i cui sedimenti, variamente compressi traslati ed accavallati formeranno le rocce della catena alpina e la sua struttura (da Castellarin & Vai, 1982)

le unità elvetiche sono di pertinenza europea, quelle austro alpine e sudalpine di pertinenza africana mentre le unità pennidiche appartengono, almeno

in parte, ai depositi di mare profondo, fino ad oceanico (“oceano ligure-piemontese”), del fondo della Tetide.

Pertanto, riprendendo la funzione ed il significato della “linea insubrica” introdotta in precedenza, si può affermare che essa rappresenta la sutura dello

scontro tra placca africana e placca europea. Questa cicatrice divide le Alpi in due catene di origine e significato diversi:

- a S le Alpi Meridionali (o Sudalpino), di origine africana (l’Austroalpino, di pari provenienza, si è accavallato sulle prime traslandosi a settentrione di esse)
- a N le Alpi in senso stretto, di origine europea

Questa differente evoluzione geologica è nettamente marcata anche dalla diversa natura delle rocce che caratterizzano le due catene. Nelle Alpi “europee” dominano le rocce metamorfiche, trasformazione degli antichi sedimenti a seguito degli aumenti di temperatura e pressione subiti nella collisione e nella conseguente subduzione della crosta europea sotto quella africana, mentre nel Sudal-

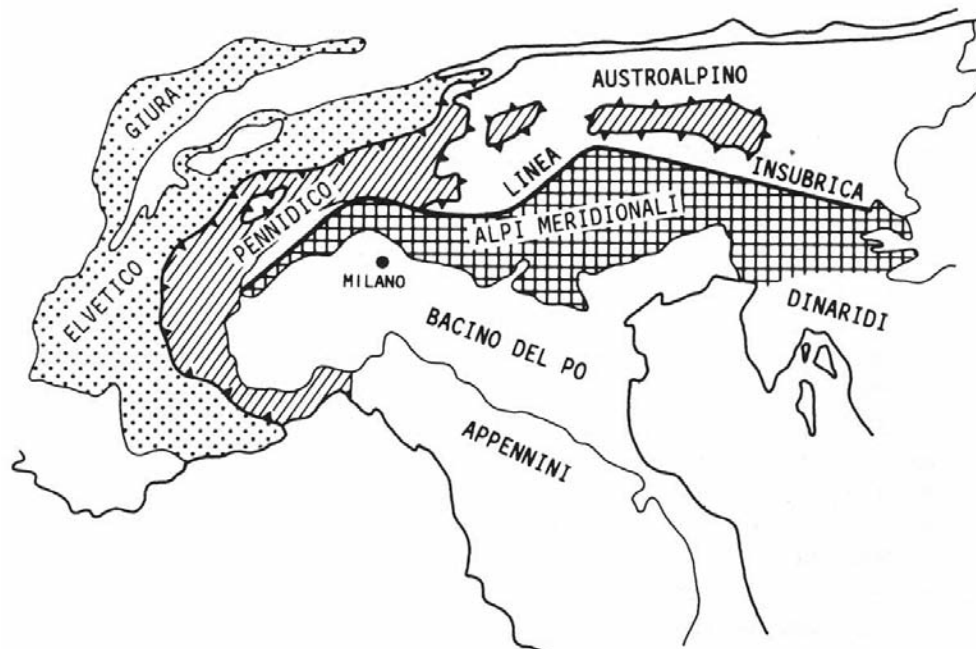


Fig. 6 - I domini paleogeografici della catena alpina (da Gelati & Gregnanin, 1990)

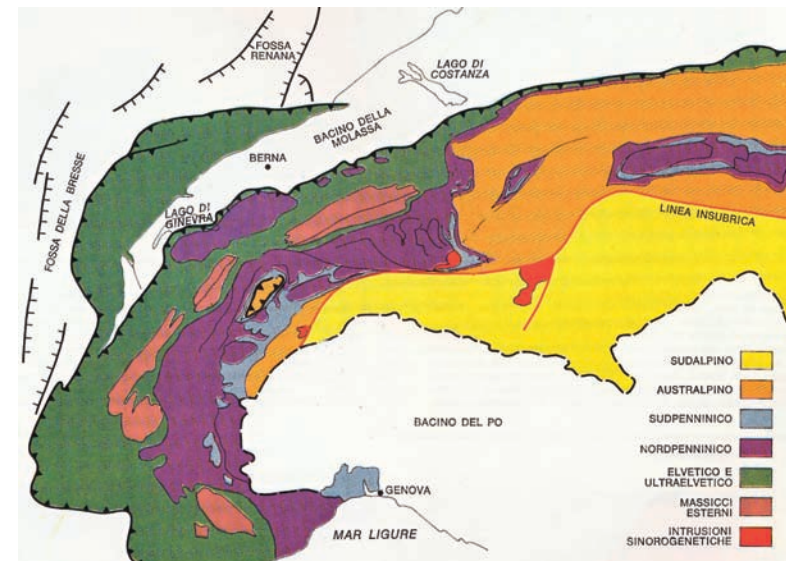


Fig. 8 - Le Alpi “europee” e le Alpi “africane” (da Laubscher, 1980, modif.)

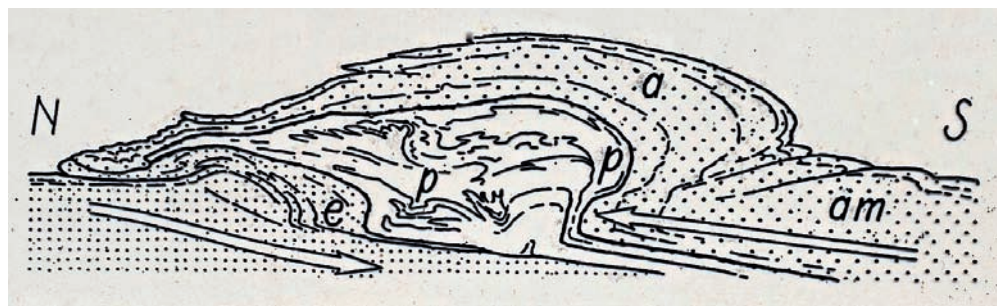


Fig. 9 - Sezione geologica in senso meridiano attraverso le Alpi, interpretazione strutturale estremamente moderna e precorritrice intuita da Argand nel 1916. a: Austroalpino; am: Alpi Meridionali o Sudalpino; e: Elvetico; p: Pennidico

pino sono predominanti le rocce sedimentarie non trasformate dallo scontro. Da ciò deriva anche la morfologia differente, nel complesso e nelle grandi linee: si pensi ad esempio alle guglie slanciate, ai torrioni, alle vette aguzze delle Dolomiti del Sudalpino, forme assenti nel resto della catena. Anche lo stile strutturale è differente, dominando nelle prime le grandi falde di

ricoprimento. Esse sono il risultato dello sradicamento dei depositi, della loro traslazione per lo più verso nord fino al loro complesso ricoprimento multiplo con sovrapposizione di rocce provenienti dal margine africano su quelle europee (fig. 9). Nelle Alpi Meridionali invece l'impilamento delle masse rocciose si è realizzato attraverso un fitto sistema di accavallamenti (o sovrascorrimenti) che

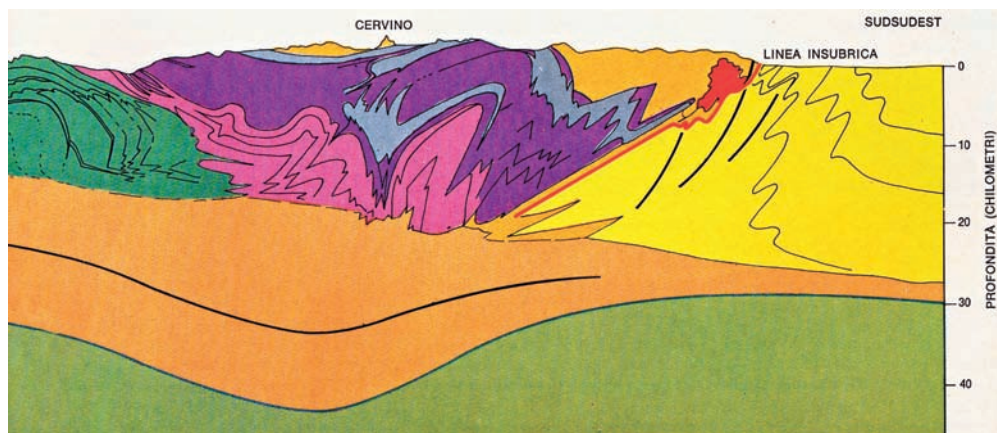


Fig. 10 - Sezione geologica profonda attraverso le Alpi occidentali (da Laubscher, 1980). La legenda dei colori è la stessa della fig. 8. La linea più profonda rappresenta la Moho, discontinuità che separa la crosta (in seppia) dal mantello (in verde)



Fig. 11 - Il Cervino, simbolo fra i più splendidi delle Alpi

ha dato origine ad una serie di rigide scaglie tettoniche sovrapposte. Negli ultimi decenni numerose ricerche coordinate fra le nazioni interessate

dalla catena alpina hanno portato un enorme contributo alla conoscenza della struttura profonda delle Alpi. Accanto alle osservazioni geologiche di superficie

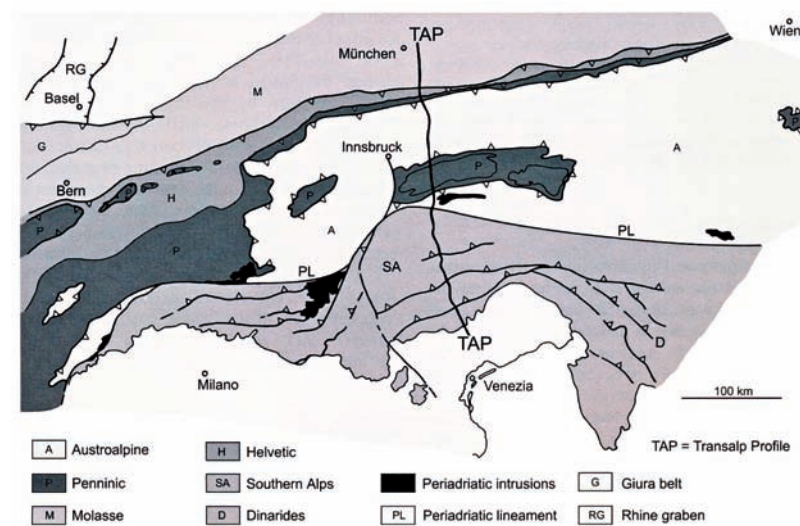


Fig. 12 - La traccia del profilo Transalp (da Castellarin & Transalp Working Group, 2004)

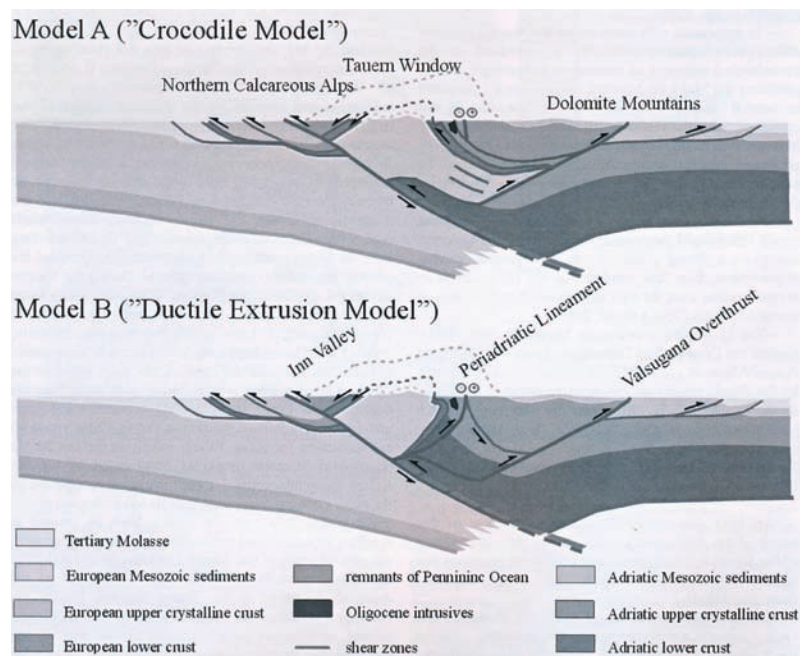


Fig. 13 - I risultati del Profilo Transalp: i due più recenti modelli interpretativi della struttura delle Alpi orientali ottenuti dalle ricerche geologiche e geofisiche (da Transalp Working Group, 2002)

ed a quelle ricavate dai grandi trafori, nuovi dati sono venuti dalle esplorazioni geofisiche ottenute specie con metodi sismici che hanno permesso di interpretare la struttura della catena fino a molte decine di chilometri di profondità sotto di essa (fig. 10).

Il Cervino (fig. 10 e 11) è un esempio della complessa storia geologica della catena. La sua cima aguzza è uno scoglio relitto isolato dall'erosione, costituito da rocce delle falde austroalpine poggianti per "galleggiamento" su rocce delle falde penniniche.

L'interpretazione più recente, relativamente alle Alpi orientali, è invece data dal Profilo Transalp, ottenuto nel 2002

con le più moderne metodologie di ricerca e di acquisizione dei dati. Il profilo è stato realizzato lungo una sezione meridiana da Monaco di Baviera alla Pianura Padana orientale che interessa tutti i domini paleogeografici e strutturali delle Alpi (fig. 12 e 13).

In ambedue i modelli interpretativi è evidente la subduzione, cioè l'inflexione della crosta europea (a sinistra nelle figure, cioè a N) che scende verso S sotto quella africana.

L'orogenesi alpina, cioè il ciclo di eventi che ha portato all'emersione delle rocce ed alla formazione della catena, si è sviluppata in varie fasi che interessano un arco di tempo che va dal Cretaceo supe-



Fig. 14 - La copertura glaciale alle alte quote nelle Alpi Centrali

riore³ (fine dell'Era Mesozoica, circa 100 Ma) con massima crisi nel Miocene (circa 15 Ma). Ma la compressione ed il conseguente sollevamento continuano tutt'oggi

com'è dimostrato dalla sismicità che caratterizza molti settori (Lombardia, Veneto, Friuli,...) del margine meridionale della catena che si affaccia sulla pianura

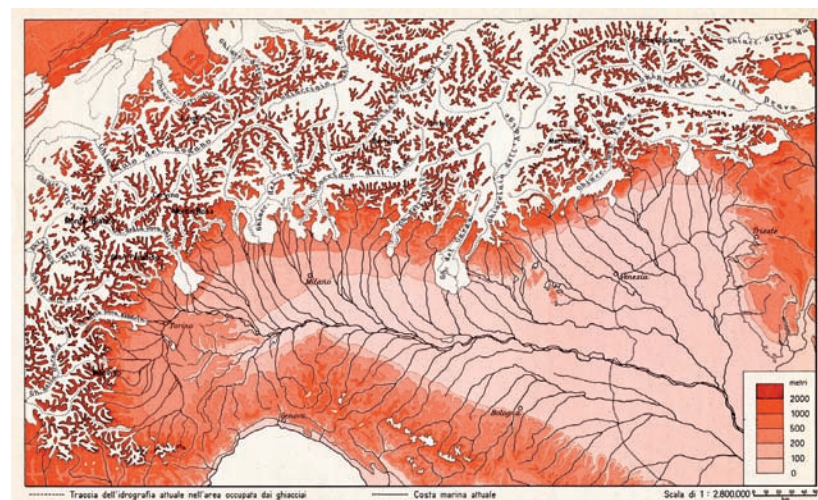


Fig. 15 - La maggiore espansione glaciale quaternaria che ha interessato le Alpi (Touring Club Italiano, 1957)

padana, ma si propaga verso S anche sotto di essa, nonché dai tassi di innalzamento dei rilievi, per cause geodinamiche, che superano i diversi mm/anno.

Oltre a questa attività per cause endogene, la lunga storia delle Alpi è proseguita e continua oggi anche grazie agli agenti esogeni, con l'azione della forza di gravità, delle acque dilavate e incanalate e, nei settori interni della catena, con l'intensa azione di modellamento ad opera dei ghiacci (fig. 14).

A questo proposito, si sottolinea che nel corso del Quaternario (gli ultimi 2 milioni di anni circa della storia della Terra) per almeno quattro volte le Alpi sono state ricoperte, con spessori di anche 2 km, da una massa di ghiaccio dalla quale emergevano soltanto le vette più elevate e che raggiungeva i margini della pianura padana (Fig. 15).

1. In realtà un frammento delle Alpi continua nella punta settentrionale della Corsica (Corsica alpina) dove è stato separato dalla sua originale continuità geografica a seguito degli eventi geodinamici della sua passata storia geologica.

2. La frase "Ma con gran pena le reca giù" aiuta ad elencare mnemonicamente la sequenza dei settori in cui sono state suddivise geograficamente le Alpi italiane, da Ovest a Est: Alpi MARittime, COzie, GRAie, PENnine, LEpontine. REtiche, CARniche e GIULie.

3. Fa eccezione la Catena Carnica settentrionale la cui età risale al Paleozoico antico, avendo avuto origine diversa ed essendo stata interessata da un'orogenesi precedente e solo successivamente coinvolta da quella alpina.

BIBLIOGRAFIA

Accordi B., Lupia Palmieri E. e Parotto M. (1993): *Il globo terrestre e la sua evoluzione*. 520 pp. Zanichelli Ed., Bologna

Argand E. (1916): *Sur l'arc des Alpes occidentales*. *Eclogae Geol. Helv.*, 14: 145-191.

Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. e Scandone P. (1983): *Structural Model of Italy*. P.F. *Geodinamica*, C.N.R., 6 fogli scala 1:500.000, Tip. S.EL.CA.

Bosellini A. (1996): *Geologia delle Dolomiti*. 192 pp., Athesia Ed., Bolzano

Castellarin A. e Transalp Working Group (2004): *Structural synthesis of the Eastern Alps: a collisional orogenic chain*. In: *Geology of Italy* (Edts.: Crescenti V., D'Offizi S., Merlini S., Sacchi L.) *Spec. Vol. Ital. Soc Geol. For the IGC 32 Florence 2004*, 3-13.

Castellarin A. e Vai G.B. (1982): *Introduzione alla geologia strutturale del Sudalpino*. In: *Guida alla geologia del Sudalpino* (a cura di Castellarin A. & Vai G.B). *Soc. Geol. It. Guide geologiche regionali*, 1-22, Bologna.

Gelati R. e Gregnanin A. (1990): *Inquadramento della catena alpina e della sua evoluzione geologica*. In: *Alpi e Prealpi Lombarde. Guide geologiche regionali*. *Soc. Geol. It.*, BE-MA Ed. Milano.

Laubscher H.P. (1980): *Evoluzione e struttura delle Alpi*. In: *La dinamica della Terra* (a cura di F. Ippolito), *Lecture da Le Scienze*, 274-285.

Marcoux J., Baud A., Ricou L.E., Gaetani M., Krystyn L., Bellion Y., Guiraud R., Besse J., Gallet Y., Jaillard E., Moreau C. e Theveniaut H. (1993) - *Late Norian (215 to 212 Ma)*. In: *Dercourt J., Ricou L.E. & Vrielynck B. (Eds.), Atlas Tethys palaeoenvironmental maps. Explanatory notes, GS Tethys Programme*, 35-53, Gauthier-Villars, Paris

Transalp Working Group (2002): *First deep seismic reflexions images of the Eastern Alps reveal giant crustal wedges and transcrustal ramps*. *Geoph. Res. Lett.*, 29: (10): 10.1029-10.1032.

Touring Club Italiano (1957): *L'Italia fisica. Conosci l'Italia*, vol. 1, 320 pp., Milano

Giovanni Battista CARULLI
Università di Trieste