

5.6. – CORRELAZIONE CON LE FALDE A W DELLA LINEA DELL'ENGADINA

5.6.1. – *Movimenti lungo la Linea dell'Engadina e formazione della geometria attuale*

Le fasi D2, D3 e D4 non alterano in modo sostanziale il quadro strutturale prodottosi con la fase D1. Di notevole importanza sono invece i movimenti lungo la Linea dell'Engadina.

La Linea dell'Engadina (TRÜMPY, 1977) rappresenta una superficie tettonica di importanza regionale, estesa dalla Val Bregaglia fino al margine E della Finestra dell'Engadina con andamento subverticale e direzione NE-SW. La sua attuale espressione morfologica è la Valle dell'Engadina, i cui depositi alluvionali coprono purtroppo quasi del tutto l'affioramento della superficie di faglia. La mancanza di affioramenti spiega sostanzialmen-

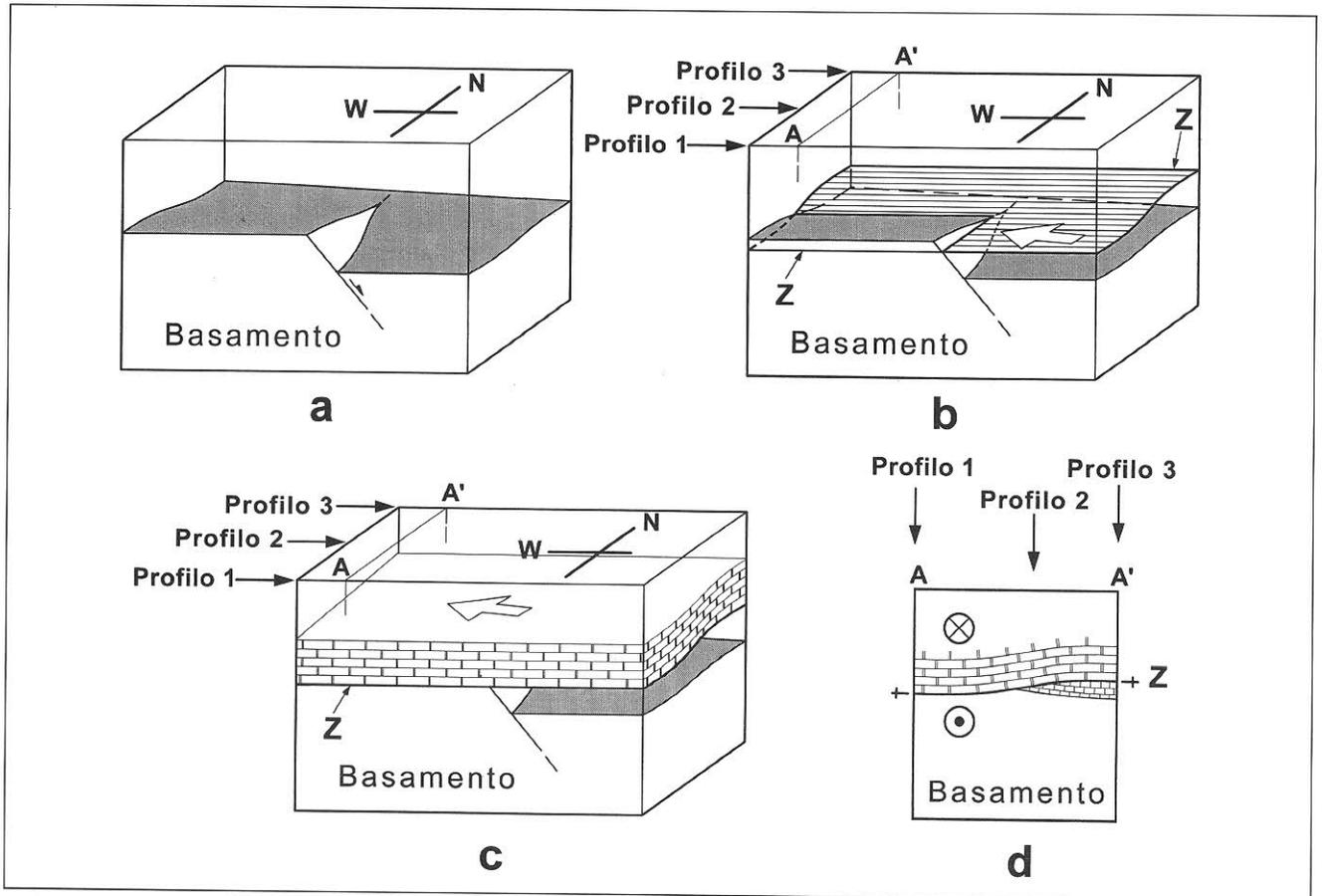


Fig. 67 – Ricostruzione schematica della geometria di interferenza tra l'Accavallamento dello Zebù e faglie normali giurassiche. Sono indicate le posizioni dei profili 1, 2 e 3 di tav. 15. (a) Situazione alla fine della fase estensionale giurassica. Il basamento è interessato solamente da faglie normali immergenti verso E, il cui rigetto diminuisce verso N. Il tetto del basamento è indicato in grigio. (b) Con il rigetto orizzontale è rappresentato l'Accavallamento dello Zebù. Nella parte orientale esso corre in rocce sedimentarie, verso W taglia la faglia normale giurassica e corre all'interno del basamento. Il senso di trasporto («top-W») è indicato dalla freccia bianca. È importante notare che diminuendo verso N il rigetto della faglia normale, in corrispondenza del Profilo 3 (parte N del diagramma), l'Accavallamento dello Zebù non corre più in rocce del basamento, ma nella sovrastante successione sedimentaria. (c) Situazione alla fine dei movimenti lungo l'Accavallamento dello Zebù. Con un movimento verso W le unità tettoniche al tetto dell'accavallamento (Falda di Quaternals, Zona a Scaglie dell'Umbrail-Chavalatsch e Falda dell'Ötztal) si mettono in posto rispettivamente su rocce del basamento nella parte meridionale del diagramma (Profilo 1) e rocce sedimentarie nella parte settentrionale (Profilo 3). (d) Profilo N-S attraverso il diagramma, ortogonale alla direzione di trasporto. Nella parte meridionale si ha una geometria anomala per un accavallamento, con rocce più giovani (sedimenti) direttamente sovrapposte a rocce del basamento. Nella parte settentrionale si ha invece la situazione usuale, con sedimenti mesozoici che sovrascorrono altri sedimenti.

– Block diagrams showing schematically the interference geometry between the Zebù thrust and E-dipping Jurassic normal faults. The position of the profiles 1, 2 and 3 of plate 15 are indicated. (a) Situation after Jurassic extension and before Alpine tectonics. Basement is only affected by normal faults, striking N-S. Top of basement is grey. (b) The Zebù thrust (horizontal hatched) runs in sedimentary rocks in the eastern part of the diagram, westward cuts the Jurassic faults and runs in basement rocks. The white arrow indicate the top-to-the W transport direction of the Zebù thrust. Note that northward the throw of the normal fault decrease, and the Zebù thrust don't cut the Paleozoic basement anymore. (c) After W thrusting the hanging wall rocks of the Zebù thrust (i.e. Quaternals nappe, Umbrail-Chavalatsch imbricates and Ötztal nappe) are emplaced above basement rocks in the southern edge of the diagram; at the northern edge the Zebù thrust don't interferes with Jurassic normal faults and run throughout in sedimentary rocks. (d) N-S profile across the block diagram, perpendicular to the transport direction. In the southern part of the diagram (i.e. Profile 1 of plate 15) unusual younger-on-older relationships occur along the Zebù thrust, in the northern part (i.e. Profile 3 of plate 15) normal older-on-younger thrusting occur.

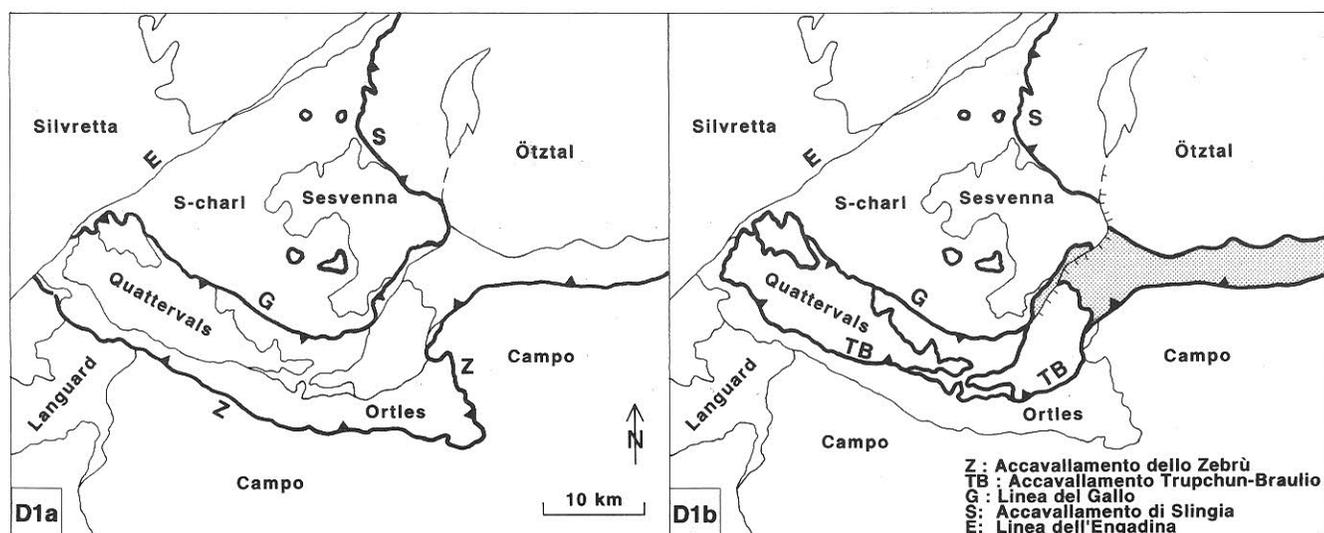


Fig. 68 – Superfici di accavallamento attive durante la fase D1a e durante la fase D1b. Durante la fase D1a si hanno movimenti lungo l'Accavallamento dello Zebrù e lungo l'Accavallamento di Slingia. Durante la fase D1b si hanno movimenti lungo l'Accavallamento Trupchun-Braulio, la Linea del Gallo e l'Accavallamento di Slingia.

– Thrust planes activity during D1a and D1b phase, the active planes are marked with a thick line. During D1a movements took place along the Zebrù thrust and the Sclining thrust. During D1b the Trupchun-Braulio thrust, the Gallo line and the Sclining thrust are active.

te il perché del gran numero di ipotesi, spesso tra loro fortemente contrastanti, che nel corso degli anni sono state avanzate per correlare la geologia ai due lati della linea (SPITZ & DYHRENFURTH, 1914; WENKE, 1934; STAUB, 1946; STAUB, 1964; EUGSTER, 1971; TRÜMPY, 1977; EUGSTER, 1985).

SCHMID & FROITZHEIM (1993) hanno investigato i movimenti lungo la Linea dell'Engadina basandosi sull'orientazione delle faglie minori ad essa associate e sulla correlazione tra le varie falde a E e a W della linea. Secondo tali autori il tipo di movimento lungo la linea non è di semplice traslazione orizzontale, ma di trascorrenza sinistra e rotazione dei due blocchi. A NE di St. Moritz, tra la falda Silvretta e le Dolomiti dell'Engadina la Linea dell'Engadina ha la geometria di una faglia diretta. Il blocco orientale (Dolomiti dell'Engadina) è abbassato rispetto a quello occidentale (Falda Silvretta) e le falde penniniche nella Finestra dell'Engadina vengono direttamente a contatto con i sedimenti dell'Austroalpino superiore delle Dolomiti dell'Engadina.

Alcuni punti rimangono però ancora da chiarire:

a) perché a E della Linea dell'Engadina sia conservata nelle Dolomiti dell'Engadina una vasta area con falde di sedimenti (Falda dell'Ortles, Falda di Quattervals, Falda di S-charl), mentre a W è presente una sola falda di basamento di spessore notevole (Falda Silvretta) con limitati resti della sua copertura sedimentaria;

b) dove dobbiamo ricercare il proseguimento della Falda dell'Ortles a W della Linea dell'Engadina;

c) perché la Faglia normale del Ducan corre a W della Linea dell'Engadina lungo il contatto Austroalpino superiore/Austroalpino inferiore (contatto Basamento Silvretta/Falda di Ela), mentre a E della Linea dell'Engadina la sua prosecuzione (Faglia Trupchun-Meazzaun) pur immergendo verso il basso, ha di nuovo sedimenti dell'Austroalpino superiore al tetto (Falda dell'Ortles).

Questi problemi sono discussi lungo un profilo circa parallelo alla direzione di trasporto D1. Il profilo A-A' in tav. 17 rappresenta l'attuale geometria delle Falde Austroalpine superiori in prossimità della Linea dell'Engadina. Il profilo attraversa la Linea dell'Engadina nei pressi di S-charf (tav. 17a) dove, secondo la ricostruzione di SCHMID & FROITZHEIM (1993), essa ha una componente di trascorrenza sinistrale di 3.2 km ed un rigetto verticale ugualmente di 3.2 km.

A causa di questi movimenti lungo la Linea dell'Engadina ne deriva che le falde attualmente allineate con la Falda dell'Ortles immediatamente a W della Linea dell'Engadina (Falda Silvretta, Falda di Ela) erano situate, prima di tali movimenti, 3.2 km a N e 3.2 km più in profondità rispetto alla Falda dell'Ortles. In altre parole in A-A' sono rappresentati due profili geologici, a W e a E della Linea dell'Engadina, che prima dei movimenti lun-

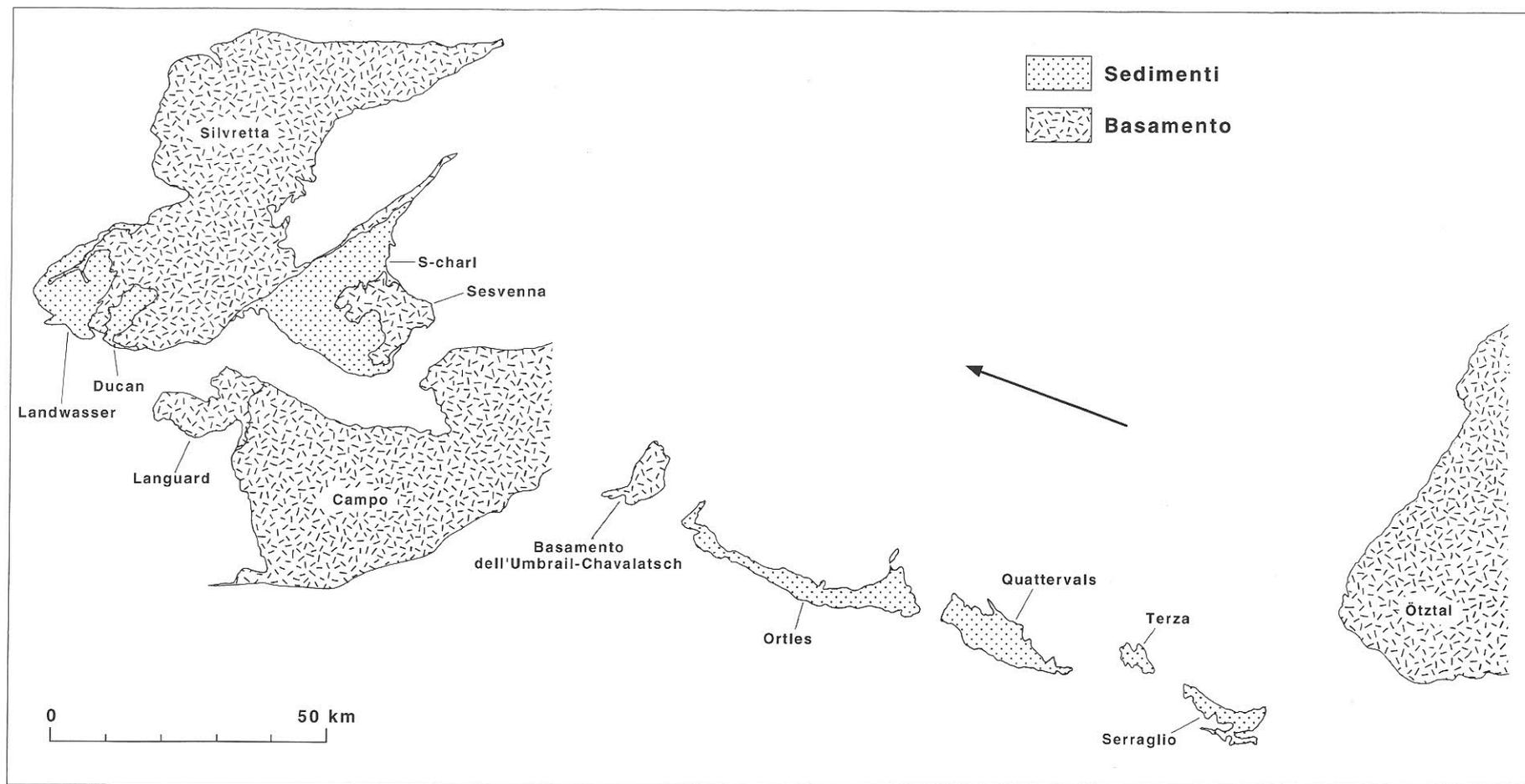


Fig. 69 – Ricostruzione paleogeografica delle falde austroalpine superiori prima delle fasi deformative alpine. La posizione delle falde è basata sulla ricostruzione di tav. 15, assumendo la direzione N 290° (indicata dalla freccia) come direzione media di trasporto tettonico durante la fase D1.

– Paleogeographical reconstruction of the Upper Austroalpine nappes before Cretaceous Alpine deformation. The relative nappe position is based on plate 15, arrow (N 290°) give the mean Cretaceous displacement direction used for reconstruction.

go la Linea dell'Engadina stessa erano situati a due livelli strutturali diversi: più profondo quello a W, più superficiale quello a E.

Nei profili B-B' e C-C' di tav. 17 è riportata schematicamente la situazione prima dei movimenti lungo la Linea dell'Engadina, assumendo una componente di trascorrenza sinistrale di 3.2 km.

La Faglia normale del Ducan-Faglia Trupchun-Mezzaun ha un'immersione verso N (vedi profilo D-D') e taglia verso N livelli sempre più profondi del basamento della Falda Silvretta. Con questa geometria ne consegue che lungo il profilo C-C' (il più meridionale) la Falda dell'Ortles e le falde sovrastanti sono giustapposte con le unità dell'Austroalpino inferiore. Lungo il profilo B-B' (più a N) è invece il basamento delle falde austroalpine Silvretta, Campo, ecc. che è direttamente a contatto con l'Austroalpino inferiore. A seguito dell'attività lungo la Linea dell'Engadina la parte orientale del profilo C-C' viene giustapposta con la parte occidentale del profilo B-B'. Poiché il vettore spostamento lungo la Linea dell'Engadina è subparallelo alla superficie della Faglia normale del Ducan-Faglia Trupchun-Mezzaun ne consegue che queste risulteranno solo debolmente dislocate lungo il profilo A-A'.

A questo punto trovano una possibile spiegazione alcuni degli interrogativi presentati in precedenza:

a) le Dolomiti dell'Engadina non affiorano a W della Linea dell'Engadina in quanto oggi erose; esse dovevano essere accavallate sopra la Falda Silvretta e la sua copertura stratigrafica (Ducan). La sempre maggiore entità del sollevamento verso N del blocco a W della Linea dell'Engadina (SCHMID & FROITZHEIM, 1993) fa sì che in quella direzione siano portati ad affiorare livelli sempre più profondi del basamento della Falda Silvretta;

b) la continuazione della Falda dell'Ortles verso W non è più conservata; essa doveva trovarsi al tetto della Falda Silvretta;

c) l'evidenza che la Faglia normale del Ducan tagli verso E prima sedimenti (Ducan), poi cristallino (Silvretta) e poi di nuovo sedimenti (base Falda dell'Ortles) è ora spiegabile: la Faglia normale del Ducan e la sua continuazione come Faglia normale Trupchun-Mezzaun rappresentano due porzioni della stessa faglia che però provengono da due livelli strutturali completamente diversi: la parte ad E della Linea dell'Engadina rappresenta il settore più superficiale, mentre la parte ad W è quello originariamente più profondo e portato nella posizione attuale dal movimento sinistrale e dal sollevamento avvenuto lungo la Linea dell'Engadina.

5.6.2. – *Rapporti Falda di Ela-Falda dell'Ortles*

Sulla base delle argomentazioni precedenti è possibile affermare che la Falda di Ela non è correlabile con alcuna falda delle Dolomiti dell'Engadina. Anche se attualmente essa è allineata con la falda dell'Ortles, le due falde hanno una posizione del tutto differente nell'edificio a falde: la Falda di Ela sta alla base della Falda Silvretta, mentre la Falda dell'Ortles è al tetto dell'equivalente basamento di Campo-Sesvenna.

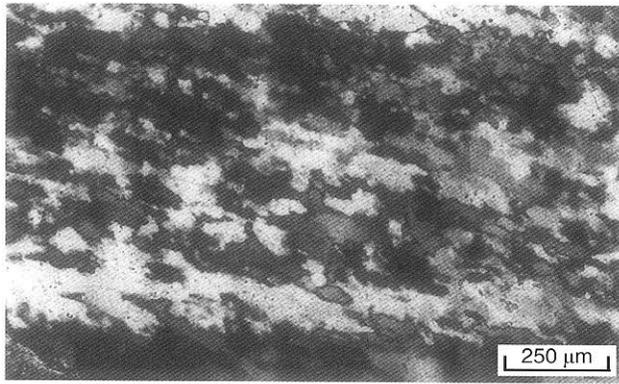
La non correlazione tra queste due falde è confermata dalla natura dei contatti tettonici al tetto e alla base, dalla diversa evoluzione strutturale, dal differente grado metamorfico.

Per quanto riguarda la natura dei contatti tettonici che individuano le due falde in prossimità della Linea dell'Engadina è da notare che la Falda dell'Ortles è limitata a tetto dall'Accavallamento Trupchun-Braulio, mentre la base è la Faglia Trupchun-Mezzaun. La Falda di Ela è invece delimitata al tetto da una faglia normale (Ducan) che riattiva, almeno per un tratto, la precedente superficie di Accavallamento D1 (fig. 70). La sua base, cioè il contatto con la Falda dell'Err, è rappresentata da una zona fortemente deformata a giacitura subverticale («Albula steep zone» di FROITZHEIM *et alii*, 1994).

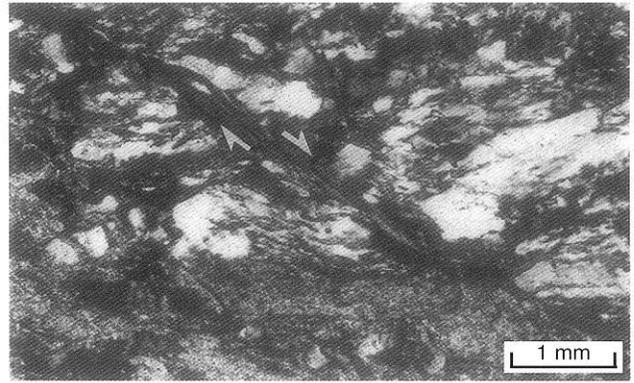
Per quanto riguarda l'evoluzione strutturale delle due falde la differenza è ugualmente molto evidente. Nella parte occidentale della Falda dell'Ortles vi sono pieghe D1 cilindriche alla scala dell'affioramento, parallele e generalmente concentriche e non è riconoscibile alcuna lineazione d'estensione. Nella Falda di Ela, invece, la fase D1 produce una marcata lineazione d'estensione (fig. 71), le pieghe D1 hanno una geometria isoclinale e gli assi sono generalmente paralleli alla lineazione d'estensione (FROITZHEIM, 1992; FROITZHEIM *et alii*, 1994). Durante la fase D2 si sviluppano inoltre pieghe coricate a grande scala del tutto assenti nella Falda dell'Ortles.

La differenza nel grado metamorfico tra le due falde è già stato discusso in precedenza. L'andamento osservato nella Falda dell'Ortles, con un grado metamorfico che diminuisce verso W, non è riscontrabile nella Falda di Ela, la quale mostra un grado metamorfico maggiore.

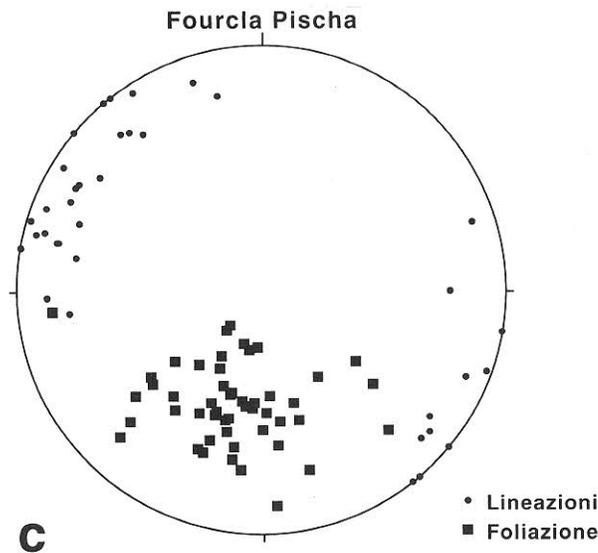
La Falda di Ela occupa perciò una posizione inferiore rispetto alla Falda dell'Ortles. La sua continuazione a E della Linea dell'Engadina può essere rappresentata dai sedimenti al tetto dell'Unità del Mezzaun («Corn Zug»), sia sulla base di considerazioni di carattere stratigrafico (EBERLI, 1985), che strutturale (SCHMID & FROITZHEIM, 1993).



a



b



c

6. - CONCLUSIONI

Nelle Dolomiti dell'Engadina è presente una struttura a falde formatasi durante le fasi cretacee dell'orogenesi alpina (fase D1, Fase Trupchun). Le successive fasi deformative terziarie non alterano in modo sostanziale i rapporti tra le falde, producendo solamente pieghe a grande scala con piani assiali subverticali o immergenti verso S. Le principali superfici tettoniche presenti nell'area (Accavallamento dello Zebrù e Accavallamento Trupchun-Braulio) sono sovrascorrimenti con senso di trasporto verso WNW, attivi durante la fase D1. La Linea del Gallo rappresenta anch'essa un superficie di accavallamento D1, riattivata durante la fase D2 come faglia normale e/o trascorrente.

L'Accavallamento Trupchun-Braulio e l'Accavallamento dello Zebrù trovano il loro prolungamento verso E nelle Miloniti della Val Venosta. È perciò possibile dimostrare che la messa in posto della Falda dell'Ortles, della Falda di Quattervals e della Falda dell'Ötztal avviene contemporaneamente e durante la fase D1.

Fig. 70 - (a) Quarzo-miloniti D1 alla base della Falda Silvretta, Fourcla Pischa. I rapporti tra foliazione milonitica (S_A) e direzione di allungamento dei granuli (S_B) indica un movimento sinistrale, cioè «top-W» durante la fase D1. Ricristallizzazione dinamica del quarzo in facies scisti verdi per rotazione. (b) La foliazione milonitica D1 (S_A) viene successivamente tagliata durante la fase D2 da faglie normali immergenti verso E. Entrambe le foto rappresentano sezioni parallele alla lineazione e ortogonali alla foliazione, con W sulla sinistra e E a destra. (c) Giacitura della foliazione D1 e delle lineazioni alpine lungo la base della Falda Silvretta. Contatto Silvretta/Ela, Fourcla Pischa.

- (a) D1 quartz mylonites along the Silvretta nappe basis, Fourcla Pischa. A top-to-the-West transport (sinistral in the photo) is inferred from relationships between the mylonitic foliation (S_A) and the elongated shape fabric of the grains (S_B). Dynamic recrystallization of quartz through rotation occur. (b) D1 mylonitic foliation (S_A) is cut during D2 by E-dipping normal faults. Both photographs are cuts parallel to the lineation and perpendicular to the foliation, W is on the left and E on the right. (c) Alpine mylonitic foliation and lineations along the Silvretta nappe/Ela nappe contact, Fourcla Pischa.

Lungo l'Accavallamento dello Zebrù, l'Accavallamento Trupchun-Braulio e nella Zona a scaglie dell'Umbrail-Chavalatsch si osserva un aumento della temperatura verso E durante la deformazione D1. Questo è evidenziato dalla transizione cataclasi-deformazione plastica in quarzo-miloniti e in calcite-miloniti lungo i due accavallamenti e dalla transizione «dislocation glide»/«dislocation creep» nelle quarzo-miloniti della Zona a scaglie dell'Umbrail-Chavalatsch. Dolomite-miloniti si formano lungo l'Accavallamento dello Zebrù in condizioni metamorfiche attribuibili alla facies degli scisti verdi inferiori.

La variazione delle microstrutture e delle tessiture presenti nelle calcite-miloniti lungo l'Accavallamento Trupchun-Braulio è interpretabile sulla base dei differenti meccanismi deformativi operanti durante il processo di milonitizzazione: il meccanismo di dissoluzione e rideposizione è il più efficiente durante i primi stadi della deformazione, e produce un aumento della grana della roccia. Con l'aumento delle dimensioni dei cristalli si ha il progressivo passaggio ad una deformazione plastica e a ricristallizzazione sintettonica.