

piegamento è rilevabile solo statisticamente dalla distribuzione degli assi delle pieghe, il cui massimo rimane comunque circa ortogonale alla direzione di trasporto delle falde (fig. 38d): il grado di dispersione aumenta verso E nell'area de Il Motto (fig. 38e). Nell'area Canale Torto-Cima di Pozzin sono presenti pieghe non cilindriche a scala chilometrica, mentre in Valle Pettini esse sono osservabili anche a scala decametrica. In Valle di Fraele, infine, si riconoscono pieghe non cilindriche alla scala dell'affioramento, con assi spesso paralleli alla lineazione di estensione.

5.1.5. – *Piegamenti post-D1 nella Falda dell'Ortles*

Nella Falda dell'Ortles non sono stati osservati effetti della fase D2 (Fase Ducan-Ela). La maggiore deformazione post-D1 è legata alla fase D3 (Fase Blaisun), che comunque non altera in modo sostanziale la strutturazione acquisita durante la fase D1.

La fase D3 genera pieghe aperte a grande scala, con assi diretti WNW-ESE e piani assiali generalmente subverticali (fig. 55d), o immergenti verso S (profilo E-E' in tav. 7). Non è mai stata riconosciuta una scistosità penetrativa e solo raramente si osserva un clivaggio di dissoluzione di piano assiale.

La fase D3 è responsabile dell'attuale struttura a sinforme con piano assiale subverticale della parte orientale della Falda dell'Ortles (fig. 33, tav. 8). La parte centrale della Falda dell'Ortles si trova quasi completamente nel fianco meridionale di tale sinforme D3: ne consegue che la stratificazione e tutti i contatti tettonici D1 siano ora immergenti verso N. Questa geometria è osservabile in fig. 58, tav. 14, tav. 7, e nei «contour» di tav. 2 e tav. 3. La non perfetta coincidenza tra la traccia della sinforme nella Falda dell'Ortles e nella Zona a Scaglie dell'Umbrail-Chavalatsch (fig. 33) può essere un effetto legato al piegamento di due superfici inizialmente non parallele tra loro (fig. 56).

Non è invece chiaro a quale deformazione tardiva attribuire le pieghe che verticalizzano l'Accavallamento dello Zebrù nell'esterna parte SE della Falda dell'Ortles (tav. 3), osservabili nella parete E del Gran Zebrù (fig. 55c) e nell'alta Val Zebrù (fig. 55b). Diversamente rispetto alle normali direzioni D3, esse hanno un asse orientato NE-SW. Queste pieghe sono però tagliate da filoni e apofisi intrusive e la loro età deve essere necessariamente pre-32 Ma (ARGENTON *et alii*, 1980; DAL PIAZ *et alii*, 1988). Ulteriori deformazioni post-D1 sono legate ai movimenti lungo la Linea dell'Engadina

e lungo la Faglia di Glorenza. Questi due lineamenti sono faglie normali (con un'importante componente di trascorrenza sinistra nel caso della Linea dell'Engadina) di direzione NE-SW e con giacitura da subverticale a immergente verso SE (fig. 33). Lungo le due faglie si osserva un abbassamento verso E del tetto, cioè del blocco sudorientale, rispetto al letto. Questo movimento deforma le rocce di tetto con sinformi a grande scala ad asse parallelo alla direzione delle faglie. Come discusso da FROITZHEIM *et alii* (1994) l'attività lungo la Linea dell'Engadina è posteriore al piegamento D5 (Fase Domleschg), di conseguenza le sinformi sono indicate in fig. 33 come «sinformi post-D5».

5.2. – STRUTTURA DELLE UNITÀ SOTTOSTANTI LA FALDA DELL'ORTLES

5.2.1. – *La Falda di Campo*

Con il termine Falda di Campo (STAUB, 1924) si intende la grande estensione di rocce di basamento (filladi, paragneiss, ortogneiss, metabasiti, marmi, rocce granitoidi, ecc.) con impronta metamorfica di età ercinica o più antica affioranti a S delle Dolomiti dell'Engadina e a N della Serie del Tonale. Lungo il suo margine occidentale, la Falda di Campo è accavallata sopra la Falda Bernina (a SW) e la Falda di Languard (a NW). L'accavallamento della Falda di Campo sopra la Falda di Languard è sicuramente di età alpina ed è bene esposto in Valle Federia, alla base della Falda dell'Ortles.

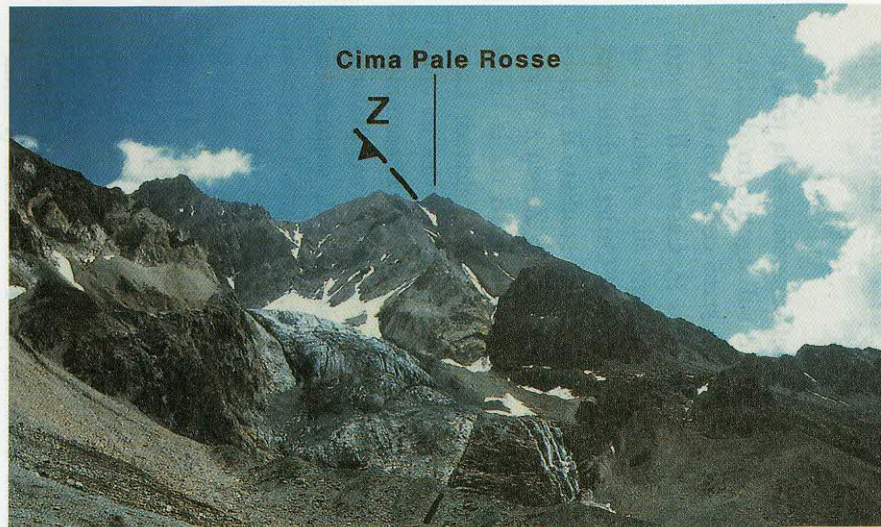
Uno studio della struttura interna della Falda di Campo esula dai fini del presente lavoro, si vedano sull'argomento i lavori di SPILLMANN (1993) e HOINKES & THÖNI (1993).

5.2.2. – *La Falda di Languard*

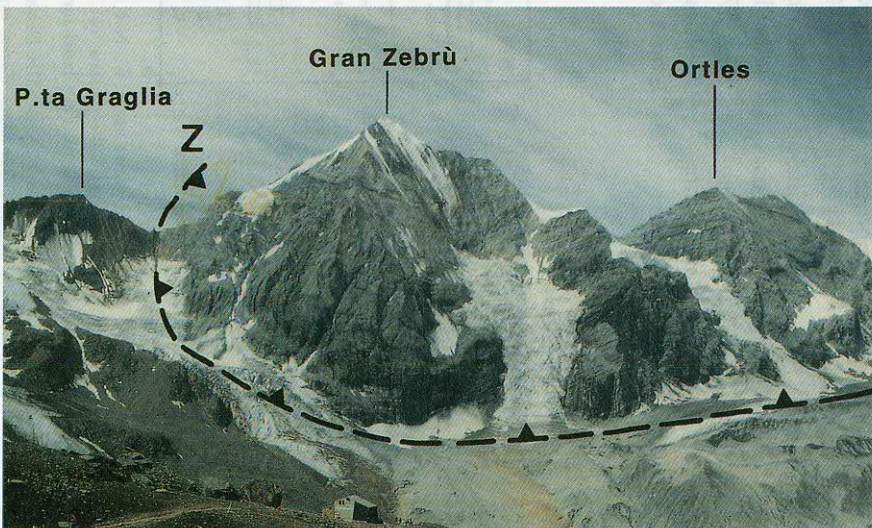
La Falda di Languard (TRÜMPY, 1913) appartiene all'Austroalpino superiore: poggia a S sopra la Falda del Bernina e, a NE, sull'Unità del Mezzaun (fig. 2). Verso W essa è limitata dalla Linea dell'Engadina, mentre a E e a NE è sovrascorsa dalla Falda di Campo e dalla Falda dell'Ortles. Il corpo principale della Falda di Languard è composto quasi esclusivamente da rocce del basamento ercinico. In prossimità del contatto con la Falda dell'Ortles e con la Falda di Campo, la Falda di Languard è caratterizzata dalla presenza di numerose scaglie di copertura che diminuiscono progressivamente di spessore verso W (fig. 57b).



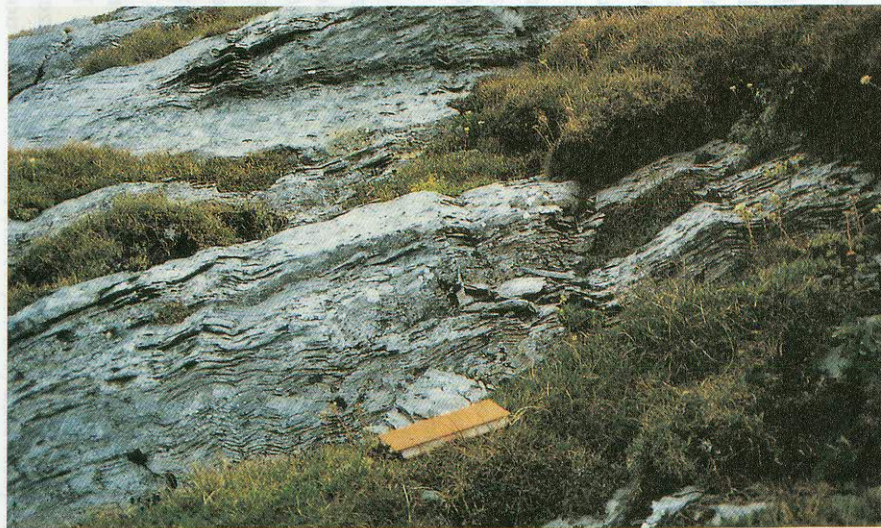
a



b



c



d

Fig. 55 – Pieghe nella Falda dell’Ortles. (a) Pieghe D3, Dolomia Principale nel versante E del Monte delle Scale, vista verso W, N è sulla destra. (b) Piegamento tardivo dell’Accavallamento dello Zebrù (Z) in Val Zebrù. Vista verso E, N è sulla sinistra. In quest’area lungo l’Accavallamento dello Zebrù si ha la Dolomia Principale della Falda dell’Ortles (a sinistra) direttamente a contatto con il basamento della Falda di Campo (a destra). (c) Piegamento tardivo dell’Accavallamento dello Zebrù in Valle Solda. Vista verso W, N è sulla destra. Anche in questo caso si ha la Dolomia Principale della Falda dell’Ortles direttamente accavallata sul basamento paleozoico della Falda di Campo. (d) Pieghe D3. In tutta la Falda dell’Ortles la fase D3 produce alla scala dell’affioramento solamente pieghe aperte a piano assiale subverticale. Formazione di Allgäu, Lago di S. Giacomo di Fraele.

– Folds in the Ortler nappe. (a) D3 folds in the Dolomia Principale, E side of Monte delle Scale, NW of Bormio. View is toward the W, with N on the right. (b) Post-D1 folding of the Zebrù thrust (Z), Val Zebrù. View is toward the E with N on the left. In this area Norian Dolomia Principale of the Ortler nappe (on the left) is thrust above basement rocks of the Campo nappe (on the right). (c) Post-D1 folding of the Zebrù thrust (Z), Valle Solda. View is toward the W with N on the right. (d) Open D3 folds with vertical axial plane. Ortler nappe, Lago di S. Giacomo di Fraele, Allgäu Formation.

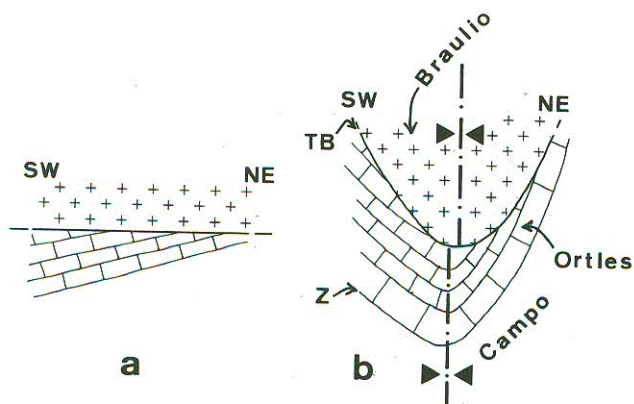


Fig. 56 – Piegamento di due superfici originariamente non parallele. (a) La stratificazione forma inizialmente un angolo con il contatto basamento-sedimenti. (b) Il piano assiale definito dal piegamento del contatto basamento/sedimenti risulta spostato rispetto a quello definito dal piegamento della stratificazione. Z: Accavallamento dello Zebrù, TB: Accavallamento Trupchun-Braulio.

– Folding of two initially not-parallel surfaces. (a) Bedding in the lower unit (Ortler nappe) is not parallel to the basement/sediments contact. (b) After folding the two axial surfaces are displaced. Z: Zebrù thrust, TB: Trupchun-Braulio thrust.

Queste scaglie affiorano tra la Valle Federia (W di Livigno) e la Val Chaschauna (in territorio Svizzero) (tav. 9, tav. 10 e tav. 11). Nel corso degli anni vari autori hanno offerto numerose interpretazioni sulla geologia di quest'area (STAUB, 1946; POZZI, 1959a; STAUB, 1964; POZZI, 1965; GELATI, 1966; BONSIGNORE *et alii*, 1969). STAUB (1964) ha indicato tali scaglie come «Cotschen Brett», POZZI (1965) come «Scaglie di base», NAEF (1987) come «Chaschauna-Federia Schuppe». In questo lavoro si usa il termine generale di «Scaglie della Val Chaschauna-Valle di Federia», considerate come parte integrante della Falda di Languard (fig. 57).



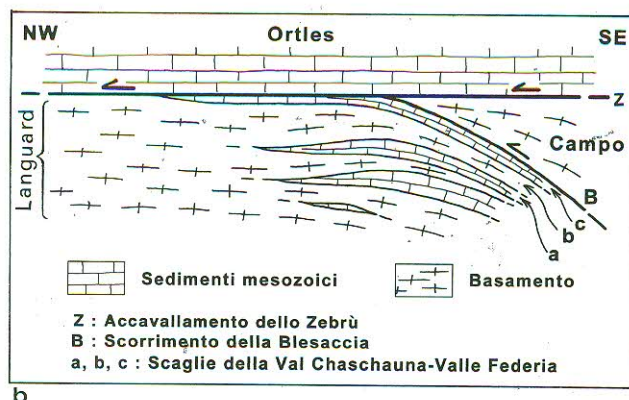
a

5.2.3. – Rapporti tra le falde di Languard, di Campo e dell'Ortles

Alla luce delle nuove informazioni sulla tettonica della Falda dell'Ortles e sul significato dell'Accavallamento dello Zebrù, è stato condotto un rilevamento di dettaglio nell'area P. Cassana-Il Motto (tav. 9, tav. 10 e tav. 11) al fine di: a) studiare la struttura interna della Falda dell'Ortles e delle scaglie di sedimenti alla sua base; b) studiare il proseguimento dell'Accavallamento dello Zebrù a W del Lago di Livigno; c) studiare i rapporti tra la Falda dell'Ortles, la Falda di Campo e la Falda di Languard. La struttura della Falda dell'Ortles in quest'area è già stata descritta in precedenza: esaminiamo ora in dettaglio la geometria dell'Accavallamento dello Zebrù ed i rapporti con le falde sottostanti.

L'Accavallamento dello Zebrù segna il contatto tra la Falda dell'Ortles e le diverse unità sottostanti. A S de Il Motto (tav. 9) esso pone a il contatto la Dolomia Principale della Falda dell'Ortles e il basamento della Falda di Campo. Spostandoci verso W (versante sinistro della Valle del Saliente) la Dolomia Principale de Il Motto poggia su esigue sequenze della Formazione di Raibl, della Formazione di Fuorn e delle dolomie del Trias medio (Formazione di Vallatscha). Il contatto tra Dolomia Principale e Formazione di Vallatscha è quindi tettonico.

L'Accavallamento dello Zebrù passa perciò alla base della Dolomia Principale de Il Motto e al tetto della Formazione di Vallatscha in Val Saliente (fig. 57a, tav. 9). Seguendo verso W la base della Dolomia Principale della Falda dell'Ortles si vede come questa poggia sulla Formazione di Raibl, tra



b

Fig. 57 – (a) Accavallamento dello Zebrù in Valle del Saliente. Vista verso W, N è sulla destra. DP: Dolomia Principale della Falda dell'Ortles; (Va): Formazione di Vallatscha delle Scaglie della Val Chaschauna-Valle Federia. (b) Schema dei rapporti tra Falda dell'Ortles, Falda di Campo, Falda di Languard nell'area Val Chaschauna-Valle Federia.

– (a) Zebrù thrust in Valle del Saliente. View is toward the W, N is on the right. DP: Dolomia Principale of the Ortler nappe; (Va): Vallatscha formation of the Val Chaschauna-Valle Federia imbricates. (b) Relationships between Ortler nappe, Campo nappe and Languard nappe in the Val Chaschauna-Valle Federia area.

le due formazioni è presente però una scaglia di esiguo spessore di Formazione di Allgäu. Anche in questo punto il contatto alla base della Dolomia Principale è di conseguenza tettonico; esso rappresenta il prolungamento dell'Accavallamento dello Zebrù. A S di P. Cassana esso corre al limite tra la Formazione di Allgäu e la Formazione di Raibl, e quindi lungo il contatto tra la Formazione di Allgäu della Falda dell'Ortles e il basamento della Falda di Languard affiorante nell'alta Val Chaschauna. Ancora più a NW in Val Chaschauna (DÖSSEGER, 1987), immediatamente al di fuori dell'area rappresentata in tav. 9, la Falda dell'Ortles presenta una serie stratigrafica continua, dal Permiano al Lias. Poiché il contatto Permiano/basamento è stratigrafico, l'Accavallamento dello Zebrù deve necessariamente correre in quest'area entro il basamento paleozoico, separando un basamento appartenente alla Falda dell'Ortles dal basamento della Falda di Languard (tav. 1, profilo c di tav. 16).

Si può perciò affermare che la Falda dell'Ortles è l'elemento strutturalmente più elevato in quest'area; essa poggia a E sulla Falda di Campo (S de Il Motto), su sedimenti appartenenti a una delle Scaglie della Val Chaschauna-Valle di Federia ed infine sul basamento della Falda di Languard a W (Val Chaschauna).

Analizziamo ora i rapporti tra la Falda di Languard, le Scaglie della Val Chaschauna-Valle di Federia e la Falda di Campo. Nella bassa Valle del Saliente, in prossimità della confluenza con la Valle di Federia, il basamento della Falda di Campo poggia sulle Scaglie della Val Chaschauna-Valle di Federia, i sedimenti del versante sinistro della Valle del Saliente immergono infatti verso E al di sotto della Falda di Campo (profilo F-F' in tav. 11). Già gli autori precedenti notarono questa geometria, POZZI (1965) introdusse per questa superficie di accavallamento il nome di «Scorrimento della Blesaccia».

In prima approssimazione è possibile suddividere le Scaglie della Val Chaschauna-Valle di Federia in tre parti principali (*a*, *b*, *c* nello schema tettonico di tav. 10) separate tra loro da importanti superfici tettoniche. L'elemento mediano «*b*» è costituito quasi esclusivamente da basamento, mentre l'elemento superiore «*c*» comprende tutte le scaglie di sedimenti al di sopra di questo basamento e sotto l'Accavallamento dello Zebrù. Nell'elemento «*a*» sono comprese tutte le scaglie (Rino Toscie e valle immediatamente a SE) affioranti al di sotto dell'elemento «*b*»; sono qui conservate successioni stratigrafiche complete del Permiano-Trias medio studiate in dettaglio da GELATI (1966), DÖSSEGER

(1974) e NAEF (1987). Alcune di queste scaglie hanno una giacitura rovesciata (Rino Toscie).

Immediatamente a W del Passo di Cassana le scaglie di copertura diminuiscono progressivamente di spessore, all'interno del grande corpo di basamento paleozoico della Falda di Languard in senso stretto (fig. 57b).

Riassumendo si ha che:

a) le Scaglie della Val Chaschauna-Valle di Federia rappresentano una struttura all'interno della parte orientale della Falda di Languard, in prossimità del contatto con la Falda di Campo;

b) il contatto tra la Falda di Campo e la Falda di Languard è di età alpina ed è rappresentato dallo Scorrimento della Blesaccia.

In quest'area è difficile stabilire sicuri rapporti di sovrapposizione tra lo Scorrimento della Blesaccia e l'Accavallamento dello Zebrù, data la scarsità di affioramenti tra Il Motto e la Valle del Saliente; si deve comunque notare che lo Scorrimento della Blesaccia non taglia l'Accavallamento dello Zebrù, ma si raccorda con questo in Valle del Saliente; entrambi vengono quindi attribuiti alla prima fase deformativa (D1). Le rare lineazioni di estensione riconosciute alla base dello Scorrimento della Blesaccia in Valle del Saliente sono anch'esse orientate E-W (tav. 10), un'ulteriore conferma che l'accavallamento della Falda di Campo sopra la Falda di Languard è avvenuto con un movimento verso W, caratteristico per la D1.

La struttura interna delle Scaglie della Val Chaschauna-Valle di Federia non è spiegabile come il risultato di una sola fase deformativa. I piegamenti a grande scala D3 potrebbero essere responsabili della struttura ad antiforme dell'intera area (antiforme E-W D3 in tav. 10 e nei profili A-A', B-B', C-C' in tav. 11). La strutturazione a scaglie è sicuramente il risultato di accavallamenti D1, ma non può essere esclusa la presenza di faglie normali (D2?), poiché lungo molti contatti tettonici si hanno omissioni di serie, con formazioni di età più recente (a tetto) direttamente a contatto con formazioni più vecchie (a letto).

5.2.4. – *Le Unità Austroalpine inferiori*

Nell'estrema parte sud-occidentale delle Dolomiti dell'Engadina, in prossimità della Linea dell'Engadina e alla base delle falde dell'Ortles e di Languard affiorano due unità attribuibili al sistema Austroalpino inferiore: l'Unità del Murtiröl, correlabile con parte della Falda dell'Err, e l'Unità del Mezzaun correlabile con la Falda del Bernina (SCHMID & FROITZHEIM, 1993; FROITZHEIM *et alii*, 1994).

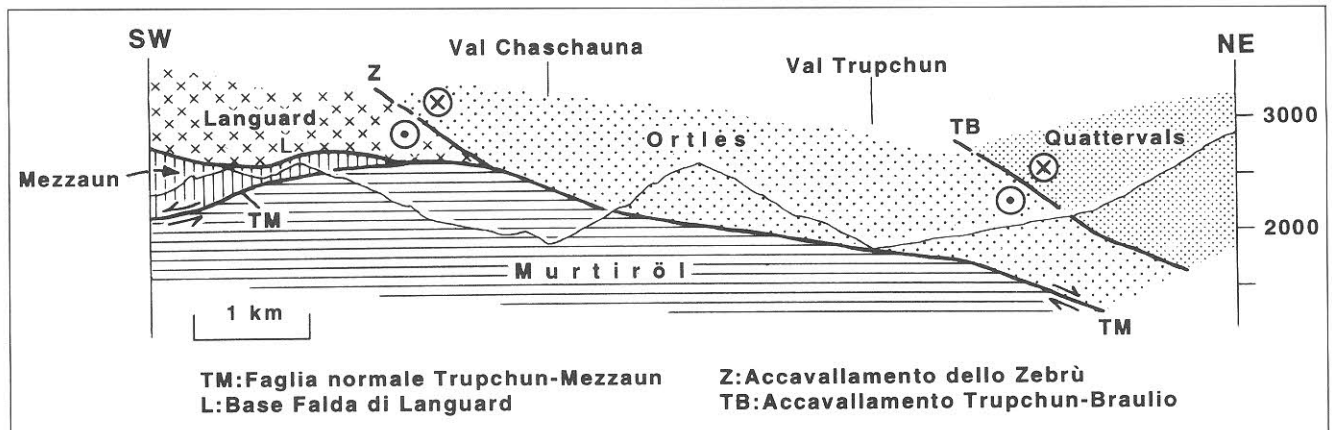


Fig. 58 – Profilo parallelo alla Linea dell'Engadina illustrante i rapporti tra le falde nella parte sud-occidentale delle Dolomiti dell'Engadina. Da SCHMID & FROITZHEIM (1993), modificato. Traccia del profilo in tav. 2 (A-A').

– Profile parallel to the Engadine line showing the nappe geometry in the SW Engadine Dolomites. After SCHMID & FROITZHEIM, (1993) modified. Profile trace in plate 2 (trace A-A').

Come osservabile nel profilo di fig. 58, nello schema tettonico di tav. 1 e in tav. 2, l'Unità del Murtiröl è l'unità più profonda; il suo contatto a tetto è tettonico ed è rappresentato dalla Faglia normale Trupchun-Mezzaun. Lungo questa faglia l'Unità del Murtiröl viene a contatto a N e a NE con la Falda dell'Ortles, a S con l'Unità del Mezzaun e verso SE con la Falda di Languard (tav. 1).

L'Unità del Mezzaun è invece compresa tra l'Unità del Murtiröl (alla base) e la Falda di Languard (a tetto). La zona di passaggio tra l'Unità del Murtiröl e la Falda di Languard è caratterizzata dalla presenza di un'ulteriore unità, il «Corn Zug» correlabile con la Falda di Ela sulla base di argomentazioni di carattere stratigrafico (EBERLI, 1988) e strutturale (SCHMID & FROITZHEIM, 1993).

La Faglia normale Trupchun-Mezzaun può essere correlata con la Faglia normale del Ducan («Ducan normal fault» di SCHMID & FROITZHEIM, 1993) e su queste basi attribuita alla fase estensionale del Cretaceo superiore (D2). Nell'area in esame si può solo affermare che l'attività lungo la Faglia normale Trupchun-Mezzaun è sicuramente post-D1 poiché essa taglia l'Accavallamento dello Zebrù ed è tagliata dalla Linea dell'Engadina.

In conclusione, lungo il margine sud-occidentale delle Dolomiti dell'Engadina la fase estensionale D2 del Cretaceo superiore (Fase Ducan-Ela) è responsabile della denudazione delle unità dell'Austroalpino inferiore che, tramite una faglia normale (Faglia normale Trupchun-Mezzaun), vengono messe a contatto con le falde austroalpine superiori di Languard e dell'Ortles. La presenza della Faglia normale Trupchun-Mezzaun impedisce la prosecuzione verso W, fino alla Linea dell'Engadina, dell'Accavallamento dello Zebrù e della Falda di Languard.

5.3. – STRUTTURA DELLE UNITÀ SOVRASTANTI LA FALDA DELL'ORTLES

5.3.1. – La Falda di Quattervals

La Falda di Quattervals (HEGWEIN, 1927) poggia direttamente sulla Falda dell'Ortles lungo l'Accavallamento Trupchun-Braulio dall'Engadina fino alla Valle di Fraele, per una distanza di oltre 25 km. Essa è costituita quasi esclusivamente di Dolomia Principale (spessore > 1000 m; SOMM, 1965), le altre formazioni dell'intervallo Permiano-Carnico affiorano solo come scaglie tettoniche lungo l'Accavallamento Trupchun-Braulio in Val Trupchun e a Corna Cavalli, tra Val Trupchun e il Lago di Livigno (scaglie di Permiano-Trias medio e di basamento). Formazioni più giovani della Dolomia Principale non sono conservate nella Falda di Quattervals.

La struttura interna della Falda di Quattervals non è stata studiata in dettaglio; la potente Dolomia Principale è deformata per lo più rigidamente, con diverse generazioni di faglie a rigetto limitato. I fenomeni plicativi, molto discontinui ed isolati, diventano importanti solo quando è presente materiale argillitico o aumenta la percentuale di calcite nella Dolomia Principale. Per ulteriori informazioni sulla Falda di Quattervals si rimanda ai lavori di SPITZ & DYRENFURTH (1914), HEGWEIN (1927), HESS (1953), POZZI (1959b; 1960b), POZZI *et alii* (1962), SOMM (1965), DÖESSENGER (1987) e BERRA (1994).

A E del Lago di San Giacomo di Fraele la Falda di Quattervals non poggia più direttamente sopra la Falda dell'Ortles: tra le due si inserisce infatti la