

C. ROSENBERG - A. BERGER - C. DAVIDSON - S.M. SCHMID

MESSA IN POSTO DEL PLUTONE DI MASINO-BREGAGLIA,
ALPI CENTRALI

*EMPLACEMENT OF THE MASINO-BREGAGLIA (BERGELL) PLUTON,
CENTRAL ALPS*

ESTRATTO DA:
ATTI TICINENSIS DI SCIENZE DELLA TERRA
Serie speciale - Vol. 1

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
PAVIA 1994

MESSA IN POSTO DEL PLUTONE DI MASINO-BREGAGLIA, ALPI CENTRALI

EMPLACEMENT OF THE MASINO-BREGAGLIA (BERGELL) PLUTON, CENTRAL ALPS

C. ROSENBERG ⁽¹⁾, A. BERGER ⁽¹⁾, C. DAVIDSON ⁽¹⁾ & S.M. SCHMID ⁽¹⁾

ABSTRACT

The Bergell pluton (32 Ma) intruded along the Insubric mylonites during backthrusting of the Penninic Nappes. Two synmagmatic deformation phases are recorded in the Bergell intrusive rocks: an early top to the east shearing phase along the base of the intrusion, followed by N-S shortening and folding of the shear zone. This synmagmatic shortening of the base of the pluton caused lateral expansion of the intrusion, evidenced by deformation recorded in rocks along the eastern margin of the pluton.

INTRODUZIONE

Il plutone di Masino-Bregaglia è un'intrusione calcicalina di età oligocenica, datata a 31.8 ± 0.09 Ma (tonalite) e 30.13 ± 0.17 Ma (granodiorite) (VON BLANKENBURG, 1992). È costituito da un corpo principale di forma subcircolare, zonato in modo quasi concentrico e da una sottile zona verticale estesa parallelamente alla Linea Insubrica, che chiameremo *Zona di radice Giubiasco-Dubino* (fig. 1).

La relazione fra intrusione e tettonica nel plutone di Masino-Bregaglia è stata trattata da diversi autori, i quali sono giunti a conclusioni molto diverse: STAUB (1918), ha definito l'intrusione di Masino-Bregaglia come post-alpina, in quanto posteriore alle fasi principali del piegamento alpino. WEBER (1957) in base alla concordanza fra intrusioni e rocce incassanti nella Zona di radice Giubiasco-Dubino, ipotizzava un'intrusione sintettonica, "facilitata dalla verticalizzazione delle formazioni presenti nella zona di radice". WENK (1973) ripropone un modello sintettonico, fondato sulla geometria concordante del plutone rispetto alle rocce incassanti e sulla deformazione delle falde "strettamente connessa con la deformazione interna del plutone". TROMMSDORFF & NIEVERGELT (1983), riconoscono la diversità del contatto occidentale del plutone (concordante) rispetto a quello orientale (discordante con aureola di contatto post-tettonica). Di conseguenza interpretano l'intrusione come

⁽¹⁾ Geologisch-Paläontologisches Institut, Bernoullistrasse 32, 4056 Basel, Svizzera

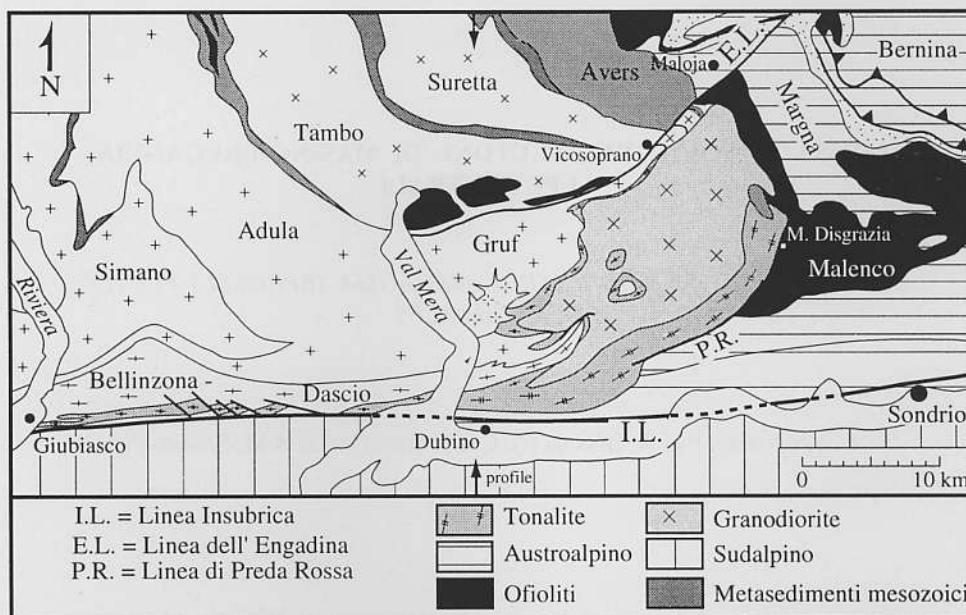


Fig. 1 - Carta geologica del Plutone di Masino-Bregaglia e aree circostanti.

Geologic map of the Bergell Pluton and its surroundings.

post-tettonica rispetto alla messa in posto e deformazione delle falde a Est del plutone, ma pretettonica rispetto al piegamento isoclinale delle falde nella zona Sud-occidentale del plutone. LAUBSCHER (1983), interpreta l'assetto tettonico oligocenico come distensivo e propone di conseguenza un'intrusione in ambiente distensivo. Infine CONFORTO-GALLI *et al.* (1989), mettono in relazione la deformazione presente lungo il margine orientale dell'intrusione con una messa in posto legata a *ballooning*.

In questo articolo viene riesaminato il rapporto strutturale fra intrusione e rocce incassanti. Vista la grande diversità dello stile e del contesto strutturale presenti attorno al plutone, tratteremo separatamente la Zona di radice Giubiasco-Dubino, il contatto occidentale del corpo principale, quello settentrionale e infine quello orientale. Distinguendo fra microstrutture magmatiche e post-magmatiche (formatesi allo stato soli-

do) all'interno del plutone e correlandole con le strutture e microstrutture nelle rocce incassanti verrà proposta una ricostruzione preliminare del quadro tettonico esistente durante la messa in posto del plutone.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il margine meridionale della "Zona di radice Giubiasco-Dubino" è parallelo alla Linea Insubrica e direttamente a contatto con la Serie del Tonale, la quale è interamente milonitizzata in facies scisti verdi.

Il grado metamorfico cambia bruscamente a N della Zona Giubiasco-Dubino, dove affiora la prima unità penninica: la Zona di Bellinzona-Dascio. Si tratta di un'unità di alto grado metamorfico, dalla litologia estremamente eterogenea anche a scala dell'affioramento, in cui si trovano frequenti migmatiti.

Ancora più a contatto con il C appartiene prob Anch'esso è lito geneo, ma costi da gneiss mig

Come già rico generale immer Est, permette l'a dentale del Breg più profondi risp l'intrusione si t mento austroalp sato da un me verdi, sul quale contatto del plut 1972).

Da un punto d to occidentale r magmatico, me costituisce il lat preservato.

ZONA DI RADICE

La tonalite de parallela alla L zione è parallele facies scisti ver nea: hanno dir WSW-ENE lun nea Insubrica, e 70°. La lineazio delle miloniti d suborizzontale e destrale, bensì cinematici pres denziano il soll trionale (Pennin dionale (Austro 1989).

La lineazione sembra dunque delle falde penn

Ancora più a N, il Bregaglia si trova a contatto con il Complesso del Gruf, il quale appartiene probabilmente alla Falda Adula. Anch'esso è litologicamente piuttosto eterogeneo, ma costituito nella sua massima parte da gneiss migmatitici.

Come già riconosciuto da STAUB (1918), la generale immersione delle strutture verso Est, permette l'affioramento nella zona occidentale del Bregaglia di livelli crostali assai più profondi rispetto all'area orientale, dove l'intrusione si trova a contatto con il basamento austroalpino. Quest'ultimo è interessato da un metamorfismo in facies scisti verdi, sul quale si sovrappone l'aureola di contatto del plutone (TROMMSDORFF & EVANS, 1972).

Da un punto di vista geometrico, il contatto occidentale rappresenta la base del corpo magmatico, mentre il margine orientale ne costituisce il lato. Il tetto del plutone, non è preservato.

ZONA DI RADICE GIUBIASCO-DUBINO

La tonalite della Zona Giubiasco-Dubino è parallela alla Linea Insubrica e la sua foliazione è parallela a quella delle miloniti in facies scisti verdi presenti lungo questa linea: hanno direzione E-W, talora ruotata WSW-ENE lungo i *riedel* associati alla Linea Insubrica, e immersione verso N di circa 70°. La lineazione di estensione, a differenza delle miloniti della Serie del Tonale, non è suborizzontale con associato senso di taglio destrale, bensì subverticale. Gli indicatori cinematici presenti nelle tonaliti (fig. 2) evidenziano il sollevamento del blocco settentrionale (Penninico), rispetto a quello meridionale (Austroalpino e Sudalpino) (FISCH, 1989).

La lineazione di estensione subverticale sembra dunque legata al retroscorrimento delle falde penniniche lungo la Linea Insubri-

ca (HEITZMANN, 1987; SCHMID *et al.*, 1987).

In tutta la Zona Giubiasco-Dubino è presente un forte gradiente della deformazione, crescente verso Sud (VOGLER & VOLL, 1976; 1981), quantificabile in base al rapporto assiale degli inclusi magmatici microgranitoidi. L'aumento dell'intensità della deformazione trasforma le tonaliti della fascia più settentrionale, caratterizzate da una debole deformazione allo stato solido e tessitura magmatica spesso preservata, in miloniti (di alto grado metamorfico) nella parte più meridionale.

La tessitura magmatica, presente nelle to-



Fig. 2 - Vena di quarzo ricristallizzata dinamicamente in una tonalite foliata. (Passo S. Jorio). L'angolo esistente fra la foliazione della tonalite (verticale) e la direzione di allungamento dei cristalli di quarzo indica un senso di taglio corrispondente al sollevamento del blocco settentrionale rispetto a quello meridionale.

Dynamically recrystallized quartz vein in a foliated tonalite (Passo S. Jorio). Oblique shape fabric of quartz grains infer upward movement of the northern block.

naliti più settentrionali, è evidenziata dall'abito euedrale dei plagioclasti e delle orneblende (fig. 3) e dall'assenza di deformazione plastica sia in questi minerali sia in quelli più facilmente deformabili quali quarzo e biotite. Nonostante l'assenza di deformazione allo stato solido, è presente un'ottima orientazione preferenziale della forma dei granuli (fig. 3), la quale sviluppa sia una foliazione sia una lineazione in queste rocce magmatiche. Questa foliazione risulta dalla deformazione della tonalite allo stato parzialmente fuso; in queste condizioni le particelle solide già presenti nel sistema possono assumere un'orientazione preferenziale ruotando passivamente in una matrice a bassissima viscosità, costituita dal fuso, senza deformarsi plasticamente.

La foliazione e la lineazione sopra descritte,



Fig. 3 - Tonalite con foliazione formata allo stato magmatico. Alta Val dei Ratti.

Tonalite with foliation developed in the magmatic stage. Upper Val dei Ratti.

te, sono dunque prodotte da una deformazione sinmagmatica. La loro orientazione è esattamente parallela rispettivamente alla foliazione milonitica e alla lineazione di estensione subverticale della zona ad alta deformazione. Il retroscorrimento associato a questa lineazione va pertanto interpretato come un evento sinmagmatico, la cui deformazione persiste nel subsolidus, milonitizzando il margine meridionale dell'intrusione.

CONTATTO OCCIDENTALE

(compreso fra la bassa Val Mera e il Pizzo Trubinasca)

Il contatto fra intrusione e rocce incassanti è concordante (DRESCHER & STORZ, 1926) lungo tutto il bordo occidentale del plutone e la foliazione nella zona marginale dell'intrusione è sempre parallela a quella delle rocce incassanti. La deformazione in queste ultime aumenta in prossimità dell'intrusione, costituendo una fascia milonitica di alto grado metamorfico. Questa zona milonitica, costeggia l'intrusione fino al suo margine settentrionale, con un'immersione di circa 40° verso E. Il senso di taglio associato agli indicatori cinematici presenti nelle miloniti (shear bands), evidenzia un abbassamento verso Est del blocco sovrastante (plutone) rispetto a quello sottostante (rocce incassanti). Rispetto al sistema di coordinate odierno, si tratterebbe dunque di una faglia diretta. Il medesimo senso di taglio si riscontra nelle tonaliti del margine più esterno dell'intrusione, anch'esse milonitiche.

Allontanandosi dal contatto e procedendo verso l'interno del plutone si osserva una graduale e rapida diminuzione della deformazione (allo stato solido) nelle tonaliti, associata ad un aumento della dimensione dei granuli. Si passa così da una tonalite milonitica a una tonalite poco deformata allo stato solido e infine a una tonalite con tessitura magmatica interamente preservata. Que-

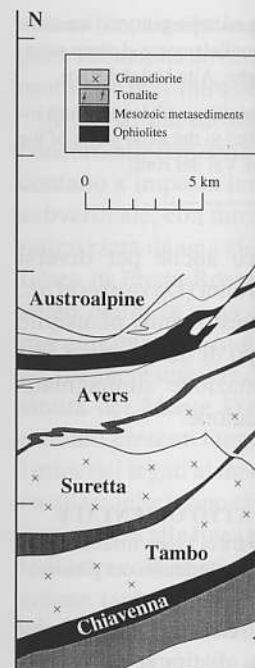


Fig. 4 - Sezione geologica e profilo geologico attraverso la zona di contatto.

sta tessitura magmatica è caratterizzata da una lineazione e da una foliazione che sono entrambe parallele alla lineazione milonitica delle rocce incassanti. Si può dunque attribuire la foliazione e la lineazione alla stessa deformazione acquisita al momento del medesimo evento deformazionale che ha deformato le rocce incassanti. Il contatto (raffreddate più rapidamente) è allo stato solido, e le rocce del plutone sono parzialmente fuse. Si tratta di un evento sinmagmatico la zona di contatto del plutone: questa è la prima deformazione che viene registrata da queste rocce.

Una seconda fase di deformazione è associata all'intrusione e rocce incassanti. Questa è caratterizzata da miloniti associate alla zona di contatto. Le pieghe (MOTISKIN, 1978) sono assiali subverticali con assi di compressione ENE-WSW e assi di estensione NW-SE. Manifestano

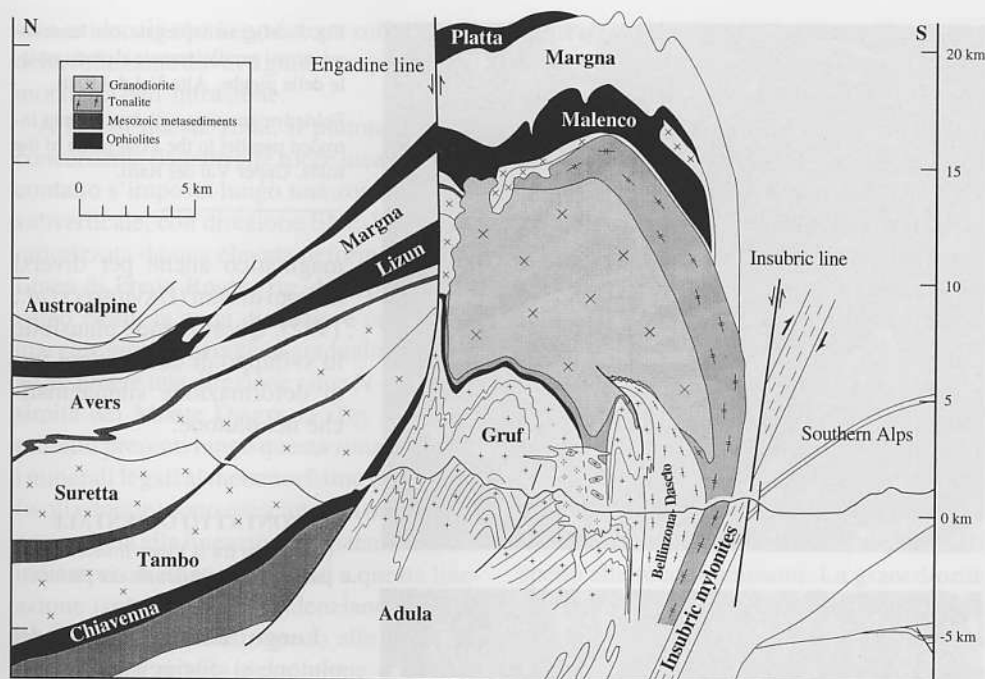


Fig. 4 - Sezione geologica attraverso il plutone di Masino-Bregaglia. Vedi Fig. 1 per la traccia del profilo.
Geological profile through the Bergell Pluton. See Fig. 1 for location.

sta tessitura magmatica è caratterizzata da una lineazione e da una foliazione rispettivamente parallele alla lineazione e foliazione milonitica delle rocce incassanti. Possiamo dunque attribuire la foliazione milonitica e la foliazione acquisita allo stato magmatico al medesimo evento deformativo, il quale interessa le rocce incassanti e le tonaliti al contatto (raffreddate più rapidamente) allo stato solido, e le rocce dell'intrusione allo stato parzialmente fuso. Si può dunque definire sinmagmatica la zona di taglio alla base del plutone: questa è la prima fase deformativa che viene registrata dall'intrusione.

Una seconda fase ripiega il contatto fra intrusione e rocce incassanti e con esso le miloniti associate alla prima fase deformativa. Le pieghe (MOTISKA, 1970), hanno piani assiali subverticali con direzione da E-W a ENE-WSW e assi dispersi sul proprio piano assiale. Manifestano dunque un raccorcia-

mento normale all'asse della catena, come illustrato nel profilo di fig. 4.

La frequente presenza nelle rocce incassanti migmatitiche di leucosomi intrusi parallelamente al piano assiale delle pieghe (fig. 5), indica che questa fase di piegamento è sinmigmatitica. Strutture simili sono riscontrabili anche all'interno del corpo intrusivo: la foliazione tonalitica viene ripiegata e intrusa da vene anch'esse tonalitiche (talora poco più differenziate), parallele al piano assiale delle pieghe (fig. 6).

Il piegamento del contatto occidentale del plutone non è dunque solo sinmigmatitico, ma pure sinmagmatico. Vi sono quindi due distinte fasi di deformazione, entrambe precedenti il raggiungimento del solidus della tonalite. La presenza al momento dell'intrusione di rocce migmatitiche nell'incassante, favorisce un raffreddamento molto lento del fuso tonalitico, il quale può esistere allo stato



Fig. 5 - Migmatiti piegate, con leucosomi intrusi parallelamente al piano assiale delle pieghe. Alta Val dei Ratti.

Folded migmatites with leucosomes intruded parallel to the axial plane of the folds. Upper Val dei Ratti.

magmatico anche per diversi milioni di anni (DAVIDSON *et al.*, 1992). Questo rende plausibile lo sviluppo di due distinte fasi di deformazione sinmagmatiche nel plutone.

CONTATTO ORIENTALE

(compreso fra la Linea Insubrica e la punta più settentrionale del plutone)

Lungo il contatto orientale del plutone si distingue una parte meridionale con direzione N-S, compresa fra la Valtellina e la bassa Val Masino (a S della Linea di Preda Rossa in fig. 1) intrusa in modo chiaramente discordante rispetto alle falde austroalpine e quasi indeformata sia allo stato magmatico sia allo stato solido (rapporto fra asse maggiore e minore degli inclusi magmatici nella tonalite poco superiore a 1). La foliazione delle rocce incassanti è subverticale con direzione E-W, parallela alla foliazione milonitica della Serie del Tonale. L'assenza di deformazione post-intru-

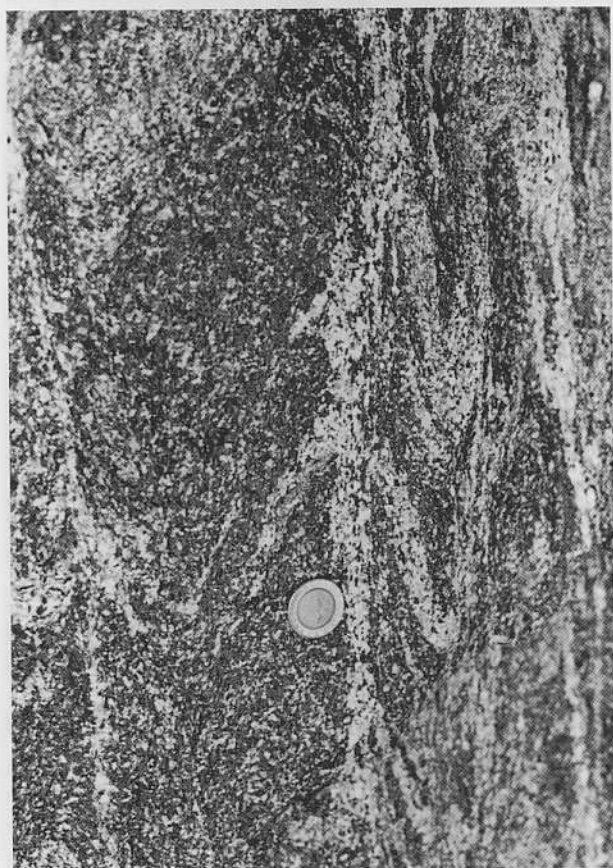


Fig. 6 - Tonaliti piegate, con vene tonalitiche intruse parallelamente al piano assiale delle pieghe. Alta Val dei Ratti.

Folded tonalite with tonalitic veins intruded parallel to the axial plane of the folds. Upper Val dei Ratti.

siva evidenza che la posizione della foliazione doveva già al momento dell'intrusione.

A NE di questa zona, concordante rispetto alle rocce, il contatto s'imposta lungo una subverticale, con direzione N-S, caratterizzata da una elevata deformazione. La Linea di Preda Rossa (fig. 1) verso Nord, la zona di tectonizzazione marginale intrusiva ruotano per assumere una direzione E-W, similitudine del Monte Disgrazia. Le miloniti presenti lungo questo contatto e i minerali legati al metamorfismo (wollastonite) sono cresciuti in una zona parallela alla lineazione di deformazione. Indicatori cinematici associati alla deformazione (subverticale), evidenziano il movimento del plutone rispetto alle rocce incassanti. La risalita del plutone è determinata dalla zona di tectonizzazione contemporanea al metamorfismo. Ancora più a Nord, fra la Valtellina e la punta più settentrionale del plutone, il carattere del margine intrusivo è diverso: il contatto della Linea di Preda Rossa è nettamente discordante rispetto alla posizione delle rocce incassanti. Gli elementi tessuturali (foliazione) delle rocce incassanti sono paralleli (BUCHER-NURMINEN, 1989). Tuttavia la discordanza fra le rocce incassanti ha un carattere locale, osservabile soprattutto nell'affioramento, mentre a Nord (fig. 4) la massima parte del plutone rimane parallela alla linea di tectonizzazione assottigliata della Faldetta. I fenomeni di *stoping*, associati alla deformazione e alla presenza di xenoliti presenti lungo il contatto dell'intrusione, rappresentano un fenomeno locale, non direttamente correlato alla messa in posto dell'intero plutone. La simetria delle falde austroalpine varia bruscamente in pros-

siva evidenza che la posizione subverticale della foliazione doveva già essere presente al momento dell'intrusione.

A NE di questa zona, il plutone diviene concordante rispetto alle rocce incassanti e il contatto s'impone lungo una zona di taglio subverticale, con direzione ENE-WSW, caratterizzata da una elevata deformazione: la Linea di Preda Rossa (fig. 1). Spostandosi verso Nord, la zona di taglio e con essa il margine intrusivo ruotano gradualmente fino ad assumere una direzione circa N-S in prossimità del Monte Disgrazia (fig. 1). Nelle miloniti presenti lungo questa zona di taglio, i minerali legati al metamorfismo di contatto (wollastonite) sono cresciuti con orientazione parallela alla lineazione di estensione. Gli indicatori cinematici associati a questa lineazione (subverticale), evidenziano il sollevamento del plutone rispetto alle rocce incassanti. La risalita del plutone è dunque determinata dalla zona di taglio, la cui attività è contemporanea al metamorfismo di contatto. Ancora più a Nord, fra il Monte Disgrazia e la punta più settentrionale del plutone, il carattere del margine intrusivo varia nuovamente: il contatto della tonalite è debolmente discordante rispetto al *layering* composizionale delle rocce incassanti, mentre gli elementi tessiturali (foliazione e lineazione) sono paralleli (BUCHER-NURMINEN, 1977). Tuttavia la discordanza fra intrusione e rocce incassanti ha un carattere essenzialmente locale, osservabile soprattutto a scala dell'affioramento, mentre a più grande scala (fig. 4) la massima parte del contatto orientale rimane parallela alla medesima unità (lembo assottigliato della Falda Suretta). I fenomeni di *stoping*, associati all'elevata quantità di xenoliti presenti lungo il lato orientale dell'intrusione, rappresentano dunque un fenomeno locale, non determinante per la messa in posto dell'intero plutone. La geometria delle falde austroalpine in quest'area varia bruscamente in prossimità dell'intru-

sione: la debole immersione verso Est diviene subverticale e parallela al margine del plutone, sviluppando una flessura, definita "piega trasversale" (Querfalte) da STAUB (1921). La genesi di questo evento deformativo, la cui presenza è ristretta alla zona adiacente al plutone, sembra contemporanea e strettamente connessa all'intrusione. (SPILLMANN, 1993).

CONTATTO SETTENTRIONALE

(compreso fra il Pizzo Trubinasca e la punta più settentrionale del plutone)

Il contatto settentrionale nella zona a Est di Vicosoprano è fortemente discordante rispetto alle rocce incassanti. La granodiorite taglia il margine tonalitico e le falde Suretta e Tambo: lo spessore della falda Suretta viene drasticamente ridotto e la falda Tambo scompare completamente (vedi fig. 1 e 4). Il margine nord-orientale dell'intrusione è quindi chiaramente posteriore rispetto al contatto fra le falde Tambo e Suretta.

A Sud-Ovest di Vicosoprano il contatto settentrionale muta rapidamente il suo carattere: in questo tratto è identico a quello occidentale (concordante, milonitico e piegato) e collegato ad esso da una sinforme con piano assiale subverticale, la quale passa verso Nord in una antiforme che interessa pure le falde Tambo e Suretta e viene tagliata dalla Linea dell'Engadina. Lungo questa faglia, posteriore alla messa in posto e cristallizzazione del plutone, il blocco meridionale viene sollevato di circa 4 km (vedi fig. 4).

CONCLUSIONI

In via preliminare, la messa in posto del plutone di Masino-Bregaglia può venire riassunta nel modo seguente: l'intrusione risale lungo una zona di taglio subverticale (milo-

niti della Linea Insubrica e della Linea di Preda Rossa) durante il retroscorrimento delle falde penniniche. I movimenti legati a questo evento persistono oltre la completa cristallizzazione del plutone, producendo una foliazione sia allo stato magmatico sia allo stato solido. Il retroscorrimento non è dunque solo postmagmatico, come proposto da SCHMID *et al.* (1987), bensì anche sinmagmatico e pertanto databile almeno a 31.88 Ma.

La base del corpo magmatico, a contatto con falde penniniche di alto grado metamorfico, cristallizza molto lentamente, permettendo così lo sviluppo di due fasi deformative sinmagmatiche: una prima fase genera una zona di taglio alla base del corpo magmatico, con trasporto del plutone verso Est e una seconda fase produce un raccorciamento N-S, durante il quale vengono ripiegate la base dell'intrusione e le rispettive rocce incassanti.

Il raccorciamento alla base dell'intrusione non ancora completamente solida, ne causa l'espansione verso il tetto e i lati. La deformazione e verticalizzazione delle rocce incassanti presente lungo il margine orientale del plutone, potrebbe essere il risultato di questa espansione laterale (*ballooning* indotto dal raccorciamento alla base del plutone e non da risalita gravitativa). Questo evento deformativo è facilitato dal metamorfismo di contatto, che rende meno competenti le rocce incassanti.

La marcata discordanza fra il margine settentrionale e le falde Tambo e Suretta rientra difficilmente nel quadro di un'intrusione sin-tettonica, favorita da zone di taglio lungo i suoi margini, come osservabile in quasi tutte le altre parti del plutone. Questo fronte discordante dell'intrusione potrebbe rappresentare una discordanza primaria, formatasi durante la risalita del plutone. L'avanzamento del corpo magmatico avverrebbe lungo due distinte zone di taglio delimitanti la base e il tetto del plutone, mentre la parte frontale

verrebbe intrusa "passivamente" nelle falde Tambo e Suretta.

Un'ipotesi di lavoro alternativa, vedrebbe nel raccorciamento alla base dell'intrusione la causa non solo dell'espansione laterale del plutone, ma pure di un'estrusione forzata della granodiorite attraverso la tonalite e le rocce incassanti. Il solidus di più bassa temperatura della granodiorite rispetto alla tonalite e la maggiore distanza della granodiorite rispetto alle rocce incassanti, garantiscono infatti una lunga permanenza e un'elevata mobilità del fuso granodioritico all'interno del plutone. Questo è confermato dalla datazione della granodiorite a 30.13 ± 0.17 Ma contro i 31.88 ± 0.09 Ma della tonalite (VON BLANKENBURG, 1992).

L'intrusione del Plutone di Masino-Bregaglia avviene quindi con molteplici meccanismi di intrusione, attivi in zone diverse dell'intrusione. Questo fatto è all'origine di una parte delle controversie esistenti nella letteratura.

Desideriamo ringraziare M. HAFNER e R. GIERÉ per le utili discussioni e suggerimenti; V. TROMMSDORFF e i suoi collaboratori per averci introdotti alla geologia del Bregaglia e P. CONTI, L. CORTESOGNO G. RIVALENTI e V. TROMMSDORFF per la lettura critica del manoscritto.

Lavoro eseguito con contributi del Fondo Nazionale Svizzero per la Ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- VON BLANKENBURG F. (1992) - *Combined high-precision chronometry and geochemical tracing using accessory minerals: applied to the Central-Alpine Bergell intrusion (central Europe)*. Chem. Geol., **100**, 19-40.
- BUCHER-NURMINEN K. (1977) - *Die Beziehung zwischen Deformation, Metamorphose und Magmatismus im Gebiet der Bergeller Alpen*. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **57**, 413-434.
- CONFORTO-GALLI C., SPALLA M.I., GOSSO G. & MONTRASIO A., (1988) - *Syn-intrusive foliation of the Masino-Bregaglia (Bergell) tonalite and its roof*

pendants in Val Sissone (Italy). Rend. Soc. It. Min.

DAVIDSON C., HOLLISTER L. (1987) - *Role of melt in the formation of a compressive shear zone: the Central-Alpine Bergell intrusion, South Central Alps*. J. Metamorphic Geol., **5**, 348-359.

DRESCHER F.K. & STOKER H. (1987) - *petrographisch-tektonische Untersuchungen an der Bergeller Granit. N. Jb. Geol. Bundesanstalt, Wien*, **131**, 1-12.

FISCH H.R. (1989) - *Zur Steilzone der Zentralen Alpen*. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **69**, 1-12.

HEITZMANN P. (1987) - *Early Miocene backthrusting in the Central Alps: a "root zone"*. Geodynamica Acta, **1**, 1-12.

LAUBSCHER H.P. (1983) - *Granitic intrusions and the Central Alps*. Geol. It., **26**, 21-30.

MOTICKA P. (1970) - *Petrographische Analyse des westlichen Bergeller Granites*. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **50**, 443.

SCHMID S.M., ZINGG A. & STOKER H. (1987) - *Kinematics of movements during the emplacement of the Central-Alpine Bergell intrusion*. J. Metamorphic Geol., **5**, 135, 47-66.

SPILLMANN P. (1993) - *Die*

Manoscritto definitivo cons

Finito di stampare il 2 febb

- pendants in Val Sissone (Valmalenco, Central Alps, Italy). Rend. Soc. It. Min. Petr., **43/2**, 509-516.
- DAVIDSON C., HOLLISTER L. & SCHMID S.M. (1992) - Role of melt in the formation of a deep-crustal compressive shear zone: the Maclaren Glacier Metamorphic Belt, South Central Alaska. *Tectonics*, **11/2**, 348-359.
- DRESCHER F.K. & STORZ M. (1926) - Ergebnisse petrographisch-tektonischer Untersuchungen im Bergeller Granit. N. Jb. Min., **54**, 284-291.
- FISCH H.R. (1989) - Zur Kinematik der südlichen Steilzone der Zentralalpen, E von Bellinzona. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **69/2**, 377-392.
- HEITZMANN P. (1987) - Evidence of late Oligocene/early Miocene backthrusting in the central Alpine "root zone". *Geodynamica Acta*, **1**, 183-92.
- LAUBSCHER H.P. (1983) - The late alpine (periadriatic) intrusions and the Insubric Line. Mem. Soc. Geol. It., **26**, 21-30.
- MOTICKA P. (1970) - Petrographie und Strukturanalyse des westlichen Bergeller Massivs und seines Rahmens. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **50**, 355-443.
- SCHMID S.M., ZINGG A. & HANDY M. (1987) - The kinematics of movements along the Insubric Line and the emplacement of the Ivrea Zone. *Tectonophysics*, **135**, 47-66.
- SPILLMANN P. (1993) - Die Geologie des penninisch-ostalpinen Grenzbereichs im südlichen Berninagebirge. Diss ETH Nr. 10175.
- STAUB R. (1918) - Geologische Beobachtungen am Bergellermassiv. *Vjschr. Natf. Ges. Zürich*, **63**, 1-18.
- STAUB R. (1921) - Über den Bau des Monte della Disgrazia. *Vjschr. Natf. Ges. Zürich*, **66**, 93-157.
- TROMMSDORFF V. & EVANS B.W. (1972) - Progressive metamorphism of antigorite schists in the Bergell Tonalite aureole (Italy). *Am. J. Sci.*, **272**, 423-437.
- TROMMSDORFF V. & NIEVERGELT P. (1983) - The Bregaglia (Bergell) Iorio intrusive and its field relations. *Mem. Soc. Geol. It.*, **26**, 55-68.
- VOGLER W.S. & VOLL G. (1976) - Fabrics and Metamorphism from Tonalite, Granitic Augen Gneiss and Tonale Series at the S-Margin of the Swiss Alps, E of Bellinzona. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **56**, 635-640.
- VOGLER W.S. & VOLL G. (1981) - Deformation and Metamorphism at the S-Margin of the Alps, E of Bellinzona, Switzerland. *Geol. Rdsch.*, **70**, 1232-1262.
- WEBER J. (1957) - Petrographische und geologische Untersuchung des Tonalituzuges von Meliolo-Sorico zwischen Tessin und Comersee. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **37**, 267-397.
- WENK H.R. (1973) - The structure of the the Bergell Alps. *Eclogae geol. Helv.*, **66/2**, 255-291.

Manoscritto definitivo consegnato il 19 agosto 1993

Finito di stampare il 2 febbraio 1994