

PUBBLICAZIONE EDITA CON UN CONTRIBUTO DELLA SEZIONE DI PISA DEL CENTRO DI STUDI PER LA GEOLOGIA DELL'APPENNINO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

LIVIO TREVISAN

L'ELBA ORIENTALE
E LA SUA TETTONICA DI SCIVOLAMENTO
PER GRAVITÀ

(Con 17 figure nel testo)



PADOVA
SOCIETÀ COOPERATIVA TIPOGRAFICA
1950

Memorie dell'Istituto Geologico dell'Università di Padova - Volume XVI

R I A S S U N T O

Si espongono i risultati del nuovo rilevamento e studio dell'Elba orientale, eseguito inizialmente in collaborazione con G. MERLA, successivamente con E. BENEZO.

Dopo una breve rassegna delle interpretazioni tettoniche precedenti vengono descritte le varie serie di terreni. Le condizioni tettoniche inducono a considerare cinque complessi, che appaiono separati tra loro da superfici di scorrimento talvolta con imponente sviluppo di milioni.

Entro il I complesso, autoctono, si osserva una trasgressione con forte discordanza angolare che testimonia probabilmente un corrugamento di età ercinica. Gli altri complessi sono tutti alloctoni, ed hanno subito un movimento di traslazione da ovest verso est.

Si esamina dapprima lo stile strutturale di ciascuno dei complessi; successivamente si impostano i problemi relativi alla tettonica generale d'insieme.

L'infrastruttura, data dal complesso I, ha andamento semplice. Molto complesse invece sono le dislocazioni della soprastruttura; l'ipotesi che appare più soddisfacente per l'interpretazione è quella dello scivolamento gravitativo: essa spiega ad un tempo le lacune di stiramento tettonico e le numerose scaglie embricate, con stile fragile o plastico a seconda della consistenza della roccia interessata. Le principali superfici di scorrimento (in primo luogo quella che separa l'infrastruttura dai complessi alloctoni soprastanti, ed altre entro il complesso IV) hanno andamento notevolmente diverso da quello ammesso dal TERMIER e seguaci; si immergono dolcemente verso est presso la costa orientale dell'isola, e verso ovest a occidente dello spartiacque principale dell'Elba orientale. Poichè la vergenza nei complessi della soprastruttura è dovunque verso est, si avanza l'ipotesi che le superfici di scorrimento siano deformate posteriormente, insieme con l'infrastruttura, in una fase tettonica successiva allo scivolamento, corrispondente a un sistema di faglie dirette che si osserva lungo la costa orientale.

Per quanto riguarda le modalità generali dello scivolamento per gravità tutte le caratteristiche strutturali dell'Elba orientale si spiegano ammettendo che il cammino dei complessi alloctoni sia relativamente molto breve, e che essi derivino dallo smembramento lungo le superfici più plastiche di una unica serie di geosinclinale. Lo smembramento sarebbe avvenuto col distacco di grandi zolle lungo superfici di taglio curve, secondo un meccanismo schematizzato in una figura, e che permette di rendersi conto di tutte le caratteristiche strutturali della soprastruttura e della superficie di taglio obliqua rispetto alla stratificazione nell'infrastruttura. Secondo questa ipotesi l'Elba sarebbe un frammento di un'area di prevalente denudamento tettonico, che ha fornito materiali per il complesso argilloso ofiolitifero alloctono della Toscana continentale.

L'intrusione granitica del M. Capanne, la cui età è stata lungamente discussa, appare contemporanea alle varie fasi tettoniche e quindi deve attribuirsi al Miocene inferiore.

INTRODUZIONE

È trascorso già un decennio da quando Giovanni MERLA e io, e successivamente Enzo BENEDETTI e io, abbiamo iniziato un nuovo studio particolareggiato sull'isola d'Elba.

Il lavoro fu intrapreso per incarico della Società *Rimifer* e, sia per le vicende belliche, sia perchè la predetta società cessò di esistere, non potè esser portato a termine fino al punto desiderato. Infatti esso doveva comprendere il rilevamento al 10.000 anche di altre plaghe dell'Isola, un vasto studio petrografico su moltissimi campioni di rocce appositamente scelti, che doveva venire svolto parallelamente da Enzo MINUCCI e altri collaboratori. Per queste ragioni i risultati che oggi si possono pubblicare, oltre a quelli preliminari già dati alle stampe nel 1943 [9] non sono certamente così ampi e conclusivi come avrebbero potuto essere se il lavoro in collaborazione avesse potuto essere svolto almeno fino al punto da poter utilizzare i nuovi studi petrografici.

A queste considerazioni voglio aggiungere che, dopo il periodo bellico, non ho potuto riavere tutti gli appunti e le varie porzioni di carte rilevate; ciò mi costringe a tralasciare alcuni argomenti, per timore di esporre cose inesatte perchè affidate interamente alla memoria.

Nell'intervallo di tempo trascorso dai primi di settembre del 1943 (quando il lavoro fu interrotto) fino ad oggi, ho potuto prendere conoscenza diretta di altri problemi di geologia toscana, in luoghi diversi, e ho potuto conoscere i risultati ottenuti da altri studiosi, in particolare dai colleghi di Firenze. Cosicchè quanto scrivo oggi è indubbiamente un po' diverso da quanto avrei scritto alcuni anni fa. Inoltre ho avuto occasione, pochi mesi or sono, di effettuare all'Elba una nuova breve escursione, specialmente nella parte occidentale, e così ho potuto compiere alcune altre osservazioni e rinfrescarmi la memoria su qualche punto.

Nelle pagine che seguono esporrò non soltanto i risultati del nuovo studio che mi sono sembrati più significativi, ma anche, nel tentativo di essere il più possibile obiettivo, i problemi che non mi sembrano ancora risolti, e le incertezze che ancora sussistono nell'interpretazione di molte questioni.

La bibliografia geologica e petrografica dell'Elba è molto estesa. Qui è riportata soltanto per quella parte che riguarda l'Elba orientale oppure questioni generali. Appunto perchè la bibliografia è troppo vasta, un esame critico delle opinioni sulla tettonica e sull'età dei terreni a cominciare dai primi lavori geognostici e mineralogici sull'Elba occuperebbe uno spazio sproporzionato all'utilità. Pertanto la parte critica è stata limitata soltanto ad alcune questioni generali ed in ogni caso brevemente accennata, senza entrare in particolari.

I. INTERPRETAZIONI TETTONICHE PRECEDENTI.

Con la pubblicazione della carta geologica 1: 25000 del LOTTI (1884) e della monografia relativa (1886) [30, 31] la geologia dell'Elba entra in una fase di conoscenze descrittive molto particolareggiate. Il contributo del LOTTI è stato fondamentale, tanto che tutti gli studiosi che lo seguirono si valsero sempre in larghissima misura della Carta e delle descrizioni sue per elaborare le loro nuove interpretazioni. Tuttavia se l'opera del LOTTI rappresenta ancora la fondamentale conoscenza descrittiva dell'Isola, l'interpretazione che egli diede all'età delle varie formazioni e ai rapporti tra loro delle formazioni stesse, oggi, dopo tanti anni di progresso delle discipline geologiche è suscettibile di sostanziali modifiche e rettifiche. Occorre tener presente che l'Elba offre particolari difficoltà a causa dell'estrema povertà di fossili. Oggi i profili del LOTTI ci appaiono artificiosi in quanto che mostrano uno sforzo per considerare i movimenti tettonici soltanto come un'*extrema ratio* per spiegare i rapporti anormali di giacitura di formazioni diverse; quindi il ricorso continuo a regressioni e trasgressioni fino al punto da considerare due formazioni, pressoché identiche e ugualmente attribuite al Retico, trasgressive l'una sull'altra con discordanza angolare. D'altronde a quel tempo la tettonica non aveva un interesse particolare e soltanto con l'avvento delle teorie napistiche si accesero discussioni e si impostarono nuovi problemi interpretativi. Tra il 1909 e il 1911 un gruppo di lavori del TERMIER annunciò che l'Elba era un paese di falde e di miloniti [49, 50, 51, 52, 53].

Egli raggruppò tutti i terreni dell'Elba in tre serie, considerandole separate da superfici di scorrimento con miloniti. La serie I^a venne considerata autoctona. Ecco i termini che, secondo il TERMIER, la compongono:

Granito del M. Capanne; rocce metamorfiche dell'anello periferico del M. Capanne; Eocene non metamorfico attraversato da filoni di aplite e microgranito (= complesso $e_1 e_5 e_6$ del LOTTI); micrograniti laminati, formanti un « *étage mylonitique* » e gneiss; serie marmifera triassica che il LOTTI attribuiva al presiluriano pr_2 .

La serie II^a del TERMIER, considerata falda di ricoprimento, comprende le formazioni presiluriane pr_3 e pr_4 del LOTTI, considerate come equivalente litologico e cronologico degli « Schistes lustrées » delle Alpi occidentali e della Corsica.

La serie III^a è considerata falda sovrapposta tettonicamente ora alla serie I^a, ora alla serie II^a, e comprende tutti terreni non metamorfici dal Siluriano del LOTTI fino al complesso ofiolitifero, ritenuto eocenico e quindi facies diversa ma contemporanea dell'Eocene calcareo-marnoso-arenaceo iniettato di microgranito attribuito alla serie I^a.

Il TERMIER descrisse l'aspetto petrografico di alcuni campioni di miloniti raccolti in vari luoghi, insistendo sul fatto che dovevano interpretarsi come microgranito laminato.

L'argomento delle miloniti determinò lunghe controversie e la decisa opposizione di alcuni autori [3, 4, 6, 35, 40]. È inutile entrare qui nell'argomento, specialmente per quanto riguarda i suoi aspetti petrografici; oggi, dopo il nuovo studio geologico dell'Elba orientale, la questione non può più porsi nei termini di allora, ed è facile

rendersi conto come sia il TERMIER, sia i suoi oppositori, avessero tutti buona parte di ragione. Le miloniti elbane esistono ed hanno uno straordinario sviluppo in potenza e sono costituite da materiali molto eterogenei, ora con inclusi più o meno laminati di grandissime dimensioni (anche diverse decine di metri) ora con aspetto di una roccia verdastra a grana estremamente sottile, nella quale è impossibile distinguere componenti diversi anche con forte lente di ingrandimento. Stando così le cose, è evidente che campioni prelevati da persone diverse anche negli stessi luoghi, dovessero apparire differenti. Cosicchè si può concludere che aveva ragione il TERMIER a ritenere miloniti quei certi campioni che egli aveva raccolto, ma avevano ragione anche ALOISI, LOTTI e NOVARESE quando affermavano che in campioni raccolti negli stessi luoghi non v'era traccia di microgranito.

Nel 1934 i grandi problemi della stratigrafia e tettonica elbana furono riesaminati dal DE WIJKERSLOOTH [56]. Egli introduce alcune aggiornamenti nell'interpretazione cronologica di alcuni terreni, per esempio sull'età mesozoica e non eocenica del complesso ofiolitifero, basandosi anche su lavori parziali che erano venuti alla luce nel frattempo [13, 38, 46]. Questo autore accettò a priori lo schema tettonico generale del TERMIER, apportando soltanto modifiche di dettaglio. Egli osservò che le superfici di scorrimento non erano soltanto due, come nello schema del TERMIER, ma che ne esistevano altre, che egli giudicò più importanti, considerando accessoria la separazione tettonica tra le serie I^a e II^a.

Nel 1938 L. W. COLLET [17], in un breve articolo sulla tettonica della Corsica, dell'Elba e dell'Appennino, suddivise in due una delle falde del TERMIER, riconoscendo così quattro complessi:

1. Gneiss del Calamita, che rappresentano forse una delle falde pennidiche delle Alpi.
2. Una falda di scisti lucenti, con pietre verdi, comprovante la presenza di rocce appartenenti alla geosinclinale alpina.
3. Una falda i cui terreni sedimentari, non metamorfici, sembrano assomigliare a quelli della falda della Spezia e dell'Appennino (Alpi Apuane).
4. Una falda superiore di terreni sedimentari non metamorfici, caratterizzata da un grande sviluppo di radiolariti e di ofioliti. Questa falda sembra essere l'omologa della falda superiore dell'Appennino, conosciuta sotto il nome di falda della Liguria.

Il COLLET, senza portare nella nota alcuna argomentazione, è, come STAUB, dell'opinione che le falde appenniniche ed elbane abbiano subito una traslazione da est verso ovest.

Come appare da questa brevissima rassegna, ogni autore che, più o meno fugacemente, ha visitato l'Elba, ha avuto l'impressione di un numero variabile di unità tettoniche, sia basandosi su analogie con serie di altri luoghi, sia attribuendo diverso valore alle superfici tettoniche separanti formazioni diverse.

L'importanza di una superficie di scorrimento nel quadro tettonico generale è un elemento estremamente difficile da valutare; l'età dei terreni che vengono in contatto tettonico è una questione preliminare necessaria, ma non basta da sola a qualificare

l'entità e il meccanismo del movimento; ciononostante si imponeva una revisione diretta di tutta la serie dei terreni, prima di affrontare il complesso problema tettonico generale. I risultati di questa revisione sono brevemente esposti nel capitolo che segue.

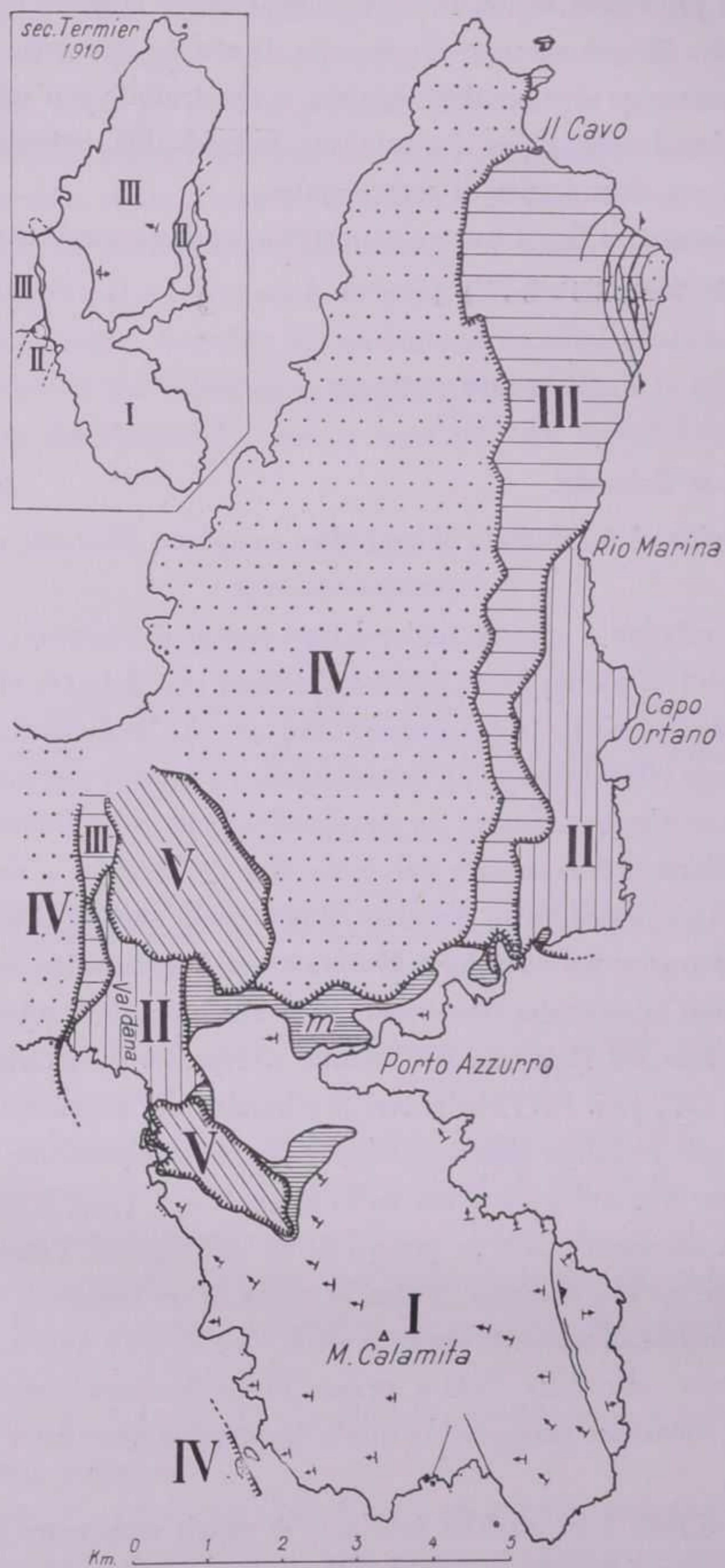


FIG. 1. - Cartina schematica dell'Elba orientale per mostrare i cinque complessi nei loro rapporti di distribuzione. Le zone indicate con tratteggio orizzontale fitto (*m*) rappresentano gli affioramenti di notevoli spessori di milonite.
Nell'angolo a sinistra in alto è riportata, per confronto, la distribuzione delle tre serie secondo TERMIER.

II. DESCRIZIONE DEI TERRENI E DISCUSSIONE SULLA LORO ETA'.

L'alloctonia di alcuni gruppi di terreni non consente una descrizione ordinata cronologicamente dal più antico al più recente, come quando si tratta di una serie unica. Si descrivono invece cinque complessi; ciascuno di essi ha una serie di terreni che si presumono in successione stratigrafica regolare o ricostruibile con una certa approssimazione. Ogni singolo complesso ha una sua individualità tettonica ed è separato dagli altri per mezzo di superfici di scorrimento.

La cartina schematica fig. 1 mostra la distribuzione in superficie degli affioramenti riferibili ai cinque complessi.

COMPLESSO I (AUTOCTONO)

1. *Gneiss del Monte Calamita.*

Questa formazione è il substrato di ogni altro complesso affiorante nella parte orientale dell'Isola.

Le questioni relative a questo gneiss hanno grande importanza; molte discussioni e divergenze di opinioni hanno avuto origine dal fatto che il LOTTI riunì in una designazione unica (« micascisti e scisti gneissiformi *pr.* ») la formazione gneissica del Monte Calamita con altre formazioni metamorfiche di aspetto più o meno simile, che debbono invece essere tenute distinte sia stratigraficamente che tettonicamente. Si tratta di altri gneiss, affioranti a occidente del fosso Mar di Carvisi e a nord della vecchia miniera di Terra Nera presso Porto Azzurro (fino a pochi anni fa chiamato Porto Longone), che entrano invece nel complesso II. Tra questi è da ricordare lo gneiss d'Ortano che TERMIER chiamò falso gneiss ritendendo pure una milonite di microgranito. A proposito del vero gneiss del Calamita il TERMIER si espresse in termini vaghi e poco chiari; egli scrisse [52, pag. 140] che gneiss e micascisti del Monte Calamita « paraissent appartenir à une véritable série cristallophyllienne, indépendante du granite sous-jacent et sans doute très ancienne » ma nello stesso tempo (pag. 139) che questo « étage micaschisteux surmonte, dans la presqu'île de la Calamita, l'étage mylonitique », al quale attribuisce un'età eocenica. Forse si tratta di un lapsus di scrittura; è certo comunque che la coltre di miloniti estesa a est di Capoliveri e quella, del tutto simile, situata al nord della valle della Mola e presso Porto Azzurro, stanno evidentemente sovrapposte alla formazione gneissica, la quale dovunque appare come substrato di ogni altra formazione.

Lo spessore visibile è di qualche centinaio di metri; varia entro certi limiti il tipo litologico: sono presenti banchi più ricchi di quarzo granulare accanto a strati più ricchi di mica. La parte inferiore è di aspetto più gneissico; la parte superiore è di aspetto più micascistoso. Dove i filoni aplitici e tormaliniferi sono più fitti è evidente un grado maggiore di metamorfismo.

Sull'età è ancora impossibile un giudizio sicuro. Unico riferimento è il fatto che questi gneiss sono sormontati in discordanza (sembra una normale trasgressione) da cal-

cari metamorfici ritenuti finora presiluriani, ma che, come si vedrà nel paragrafo che segue, possono più ragionevolmente venir considerati di età carbonica.

2. *Marmi gialli e bianchi.*

Comprendono parte del pr_2 del LOTTI, cioè tutti quei lembi di pr_2 che affiorano a sud della valle di Mola, restandone esclusi i marmi della Valdana e quel piccolo affioramento presso la Spiaggia del Lido (Golfo della Stella) che appartiene al complesso dei cipollini, come già osservò anche il TERMIER [52, pag. 140].

Si tratta di marmi gialli, talora bianchi, con stratificazione netta, specialmente alla base, dove tra strato e strato si notano alternanze di una minuta breccia filladica. Il LOTTI pensava che le intercalazioni filladiche significassero un passaggio graduale tra i micascisti sottostanti e il calcare; ma la breccia filladica non è composta di elementi del micascisto sottostante, e inoltre la giacitura dei marmi è nettamente trasgressiva. Il luogo più favorevole per osservare la giacitura trasgressiva e la forte discordanza angolare è la Punta del Praticciolo, poco a occidente del cantiere minerario di Punta Calamita (fig. 2).

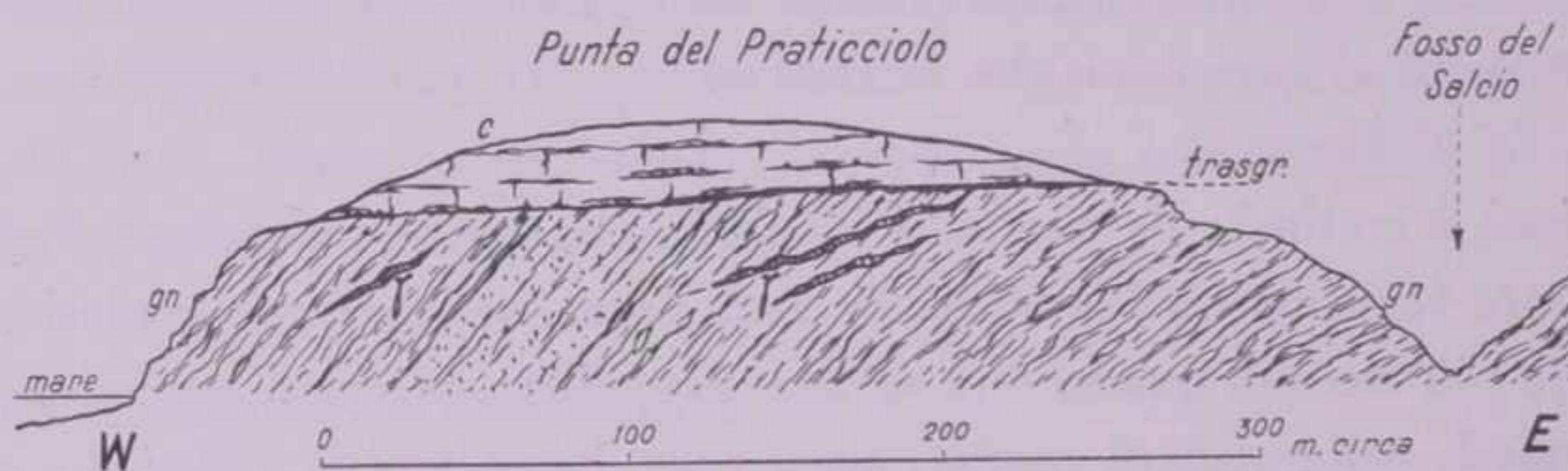


FIG. 2. - Giacitura discordante dei marmi del Calamita sulla formazione gneissica.
c = calcaro saccaroidi con interstrati di breccia filladica; gn = gneiss del Calamita,
con una intercalazione di strati quarzitici e con filoni di granito aplittico γ.

Sull'età di questi marmi sono state emesse molte ipotesi; vale la pena di ricordare soltanto l'opinione del COQUAND che li ritenne del Carbonico (1844) e del COCCHE (1871) che volle tenere separati da questi marmi quelli della Valdana.

Il LOTTI non osservò che, nella regione a ovest di Capoliveri, i marmi sono ricoperti da scisti e quarziti differenti dallo gneiss del Calamita (fig. 3). Questi scisti, che si descriveranno nel paragrafo seguente, per analogia litologica e di successione possono attribuirsi al Carbonico superiore e Permico. Ne consegue che i marmi apparterrebbero con ogni verosimiglianza al Carbonico.

Tra i marmi e i micascisti che li coprono non si scorgono indizi di discordanza, né di discontinuità tettoniche.

Come si vede, l'attribuzione al Carbonico di questa formazione calcarea è basata esclusivamente su analogie litologiche delle rocce sovrastanti in serie; il ritrovamento di qualche fossile avrebbe avuto importanza molto grande, specialmente se avesse potuto convalidare l'attribuzione al Carbonico. L'importanza sta non tanto nella conoscenza dell'età dei marmi in sé stessa, ma piuttosto nel fatto che la forte discordanza angolare tra i marmi e il substrato gneissico avrebbe indicato con certezza l'esistenza di un corrugamento di età ercinica.

Da quanto è stato esposto si può soltanto concludere che una fase di corrugamento ercino è probabilmente esistita, e sarà provata quando l'attribuzione al Carbonico e Permico dei terreni a occidente di Capoliveri potrà essere ulteriormente convalidata.

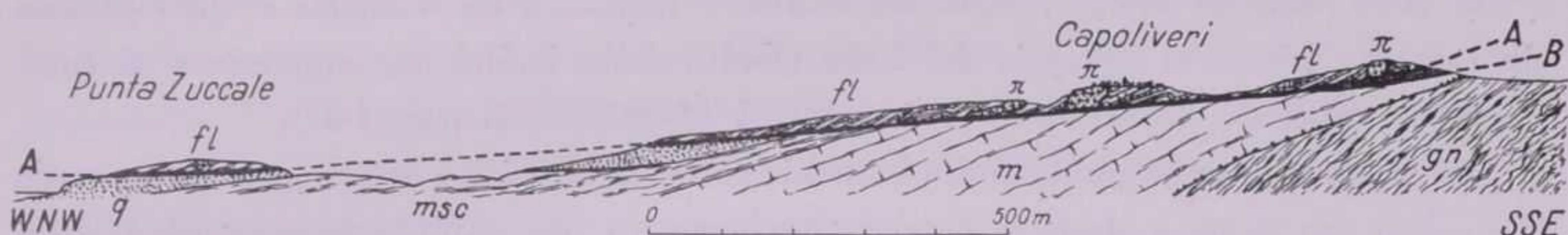


FIG. 3. - Sezione tra Capoliveri e Punta del Zuccale, per mostrare la successione dei terreni del complesso I. *gn* = Gneiss del Calamita; *m* = marmi (Carbonico); *msc* = micascisti bianchi e macchiettati (Carbonico superiore); *q* = quarziti e anageniti (Permico). Sopra la superficie tettonica A-A giace il Flysch (*fl*) del complesso V, con filoni di porfidi granitici (π). Tra le superficie A e B si trovano miloniti con residui di terreni appartenenti al complesso IV (serpentina).

3. Micascisti, quarziti e anageniti di Barabarda e Punta di Zuccale.

Come è già stato detto, il LOTTI ritenne queste formazioni a occidente di Capoliveri come sottostanti ai marmi anzichè sovrastanti (fig. 3) e quindi le designò con *pr₁* come lo gneiss del Calamita.

La base è costituita da micascisti bianchi o biancastri, talora macchiettati, con uno spessore variabile tra 5 e 40 metri circa. Segue, con passaggio graduale, uno scisto sempre più ricco di quarzo fino ad una formazione quarzosa, con scistosità mancante o quasi, nella quale il quarzo, quasi puro, ha un aspetto a blocchi e venule simile ad una comune anagenite. Gli scisti macchiettati indicano metamorfismo termico. In alcuni luoghi, dove la parte di aspetto anagenitico è più compatta e con quarzo più trasparente, non è esclusa l'azione di silicizzazioni idrotermali.

Con gli scisti quarzitici termina la successione di terreni che formano il complesso I.

Per analogia litologica questa formazione può attribuirsi al Carbonico superiore (la parte basale micascistica) e al Permico (la parte quarzitica e anagenitica). Il Carbonico fossilifero con arenarie quarzose e anageniti permiche sovrapposte affiora nella regione del M. Calendozio (nella parte nord dell'Elba orientale) dove non è metamorfico; di mano in mano che ci si sposta verso sud si nota un metamorfismo termico crescente: a sud di Rio Marina le argille del Carbonico leggermente sericitiche passano a scisti macchiettati (erroneamente attribuiti al Silurico dal LOTTI), e presso la Valle di Valdana anche le arenarie ed anageniti permiche acquistano aspetto cristallino. Nella zona di Barabarda e di Zuccale, che è ancora più a sud, non fa meraviglia che gli stessi terreni abbiano aspetto ancora più intensamente metamorfico.

COMPLESSO II

1. Gneiss di Ortano e della bassa Valdana.

Anche questa formazione fu considerata dal LOTTI uguale allo gneiss del Calamita e designata, unitamente a quello, con *pr₁*.

La necessità di separare gli gneiss della bassa Valdana e di Ortano dallo gneiss del Calamita è apparsa evidente fino dalle prime escursioni compiute con G. MERLA.

Si tratta di gneiss molto laminati, di colore chiaro, sviluppati specialmente nel promontorio di Capo Ortano e ai due lati della bassa Valdana. Campioni prelevati da questa formazione sono sembrati al TERMIER falsi gneiss, cioè micrograniti laminati; altri, prelevati dal MANASSE [38] sono stati determinati come leptinoliti quarzoso-micaceo-andalusitiche. Altri campioni provenienti dalla Valdana, descritti da NOVARESE [40] e dei quali ALOISI aveva reso nota la composizione chimica [1] sono risultati (NOVARESE) porfiroidi. La composizione chimica però esclude che essi derivino da micrograniti o porfidi come quelli che sono noti all'Elba. Pertanto questi scisti non possono considerarsi milonitici, derivanti da laminazione di microgranito, ma derivati da porfidi di altra natura. Si può prospettare l'ipotesi che derivino da porfidi permici, e siano perciò analoghi ai porfiroidi delle Apuane e alle varie Besimauditi della provincia di Cuneo. Ma certamente insieme ai porfiroidi esistono associati anche gneiss o leptinoliti di origine sedimentaria, con vario grado di metamorfismo, come gli gneiss cornubianitici che si osservano sulla falesia che dalla miniera di Terra Nera si estende fino al Capo Arco. Questi hanno colore più scuro e scistosità meno regolare e laminare.

Mentre negli gneiss del Calamita, che furono sempre confusi con essi, i filoni granitici sono frequentissimi, in questi gneiss sono molto rari e limitati ai dintorni dell'isolotto d'Ortano. Hanno anche composizione più acida, essendo di tipo aplitico e pegmatitico tormalinifero con andalusite.

2. Serie dei cipollini e degli scisti lucenti.

Corrisponde ai terreni indicati con pr_3 e pr_4 dal LOTTI e comprende anche i marmi della Valdana che il LOTTI aveva riunito con la formazione pr_2 . Una separazione netta rispetto alla serie di Ortano non è facile a identificarsi sul terreno. È una serie che comprende micascisti, marmi, cipollini e calcescisti. Il marmo appare sempre in forma di lenti; e ciò fa pensare a uno stiramento e laminazione di tutta la serie. Le lenti marmoree più sviluppate affiorano sul M. Fico, sul M. Arco (presso la valle di Ortano) e alla Valdana. Sopra alla bancata principale del marmo affiorano calcescisti lucenti e filladi, con lenti marmoree generalmente sottili, con tremolite e clorite, con l'aspetto tipico dei cipollini. Verso l'alto le intercalazioni di cipollini si fanno sempre più rade. Il tetto della serie è dato da serpentina, petrograficamente identica a quella che, associata a eufotide e diabase, si trova nel complesso non metamorfico delle « argille scagliose ofiolitifere » (complesso IV).

Considerazioni sul complesso II.

Il complesso II appare come una serie stratigraficamente continua, benchè la giacitura a lenti del marmo e dei cipollini induca a pensare a laminazioni intense e quindi alla possibilità di scomparsa per stiramento tettonico di qualche parte della serie originaria. Il variabile grado di metamorfismo, in genere più intenso nelle parti inferiori, appare naturale pensando che si tratta almeno in parte preponderante di metamorfismo termico.

In questo complesso è intruso qualche filone che finora era rimasto sconosciuto. Il più vistoso si trova a sud del M. Arco, presso Casa Carpini, dove affiora per una lunghezza di oltre 300 metri; un secondo presso Casa Cinganelli, vicino al Capo Arco. Altri, d'aspetto analogo, si trovano anche nella zona del promontorio del Calamita. Sono costituiti d'una roccia grigio-verdastra di aspetto porfirítico, completamente diversa da ogni altra roccia filoniana già nota nell'Isola e probabilmente derivata da un magma alcalino.

Il LOTTI attribuì a tutti i terreni di questo complesso un'età presilurica, essendo essi sottoposti agli scisti macchiettati che egli ritenne silurici. Questa attribuzione oggi non regge più per due motivi: gli scisti macchiettati non sono altro che un aspetto di leggero metamorfismo termico degli argilloscisti del Carbonico, affioranti in continuità con essi più a nord; la sovrapposizione di questi scisti carbonici, con l'interposizione di una lama di serpentina, è presumibilmente di natura tettonica, e pertanto non può servire di punto di riferimento per la determinazione dell'età.

Per ogni riferimento cronologico non rimane pertanto che il criterio dell'analogia litologica e dell'analogia della successione delle facies. Se è vero (la supposizione richiede naturalmente altre conferme petrografiche) che gli gneiss di Ortano e della bassa Valdiana possono rappresentare almeno in parte il prodotto metamorfico di porfidi permici, tutto il complesso potrebbe essere una serie comprensiva (con scomparsa per laminazione di alcuni termini) dal Permico fino alla fine del Giurese, considerando le serpentine coeve con quelle identiche della serie argilloso-ofiolitifera. I cipollini e i marmi sarebbero i corrispondenti dei calcari palombini e di qualche orizzonte del Lias e Dogger. Già SAVI e MENEGHINI [44] avevano accennato a qualche analogia coi marmi giuresi della Toscana. TERMIER, seguito dal DE WIJKERSLOOTH e dal COLLET considerò la serie dei cipollini come identica agli « scisti lucenti » della Corsica e delle Alpi occidentali. L'analogia della successione litologica è aumentata dal ritrovamento anche di livelli con strati quarzosi, derivati probabilmente da diaspri, nella parte alta della serie, presso la serpentina (fig. 5, pag. 18).

COMPLESSO III

1. *Argilloscisti e arenarie quarzitiche con anageniti (Carbonico e Permico).*

Come è già stato accennato, gli argilloscisti del Carbonico corrispondono sia al *pm₁*, sia a *S²* del LOTTI. Gli scisti macchiettati a sud del Monte Fico fino a Terranera, e poi di nuovo tra M. Fabbrello e la spiaggia del Lido (Golfo della Stella) non sono che la continuazione degli argiloscisti che, per effetto di metamorfismo termico crescente hanno acquistato aspetto più ardesiaco e le caratteristiche macchietture.

L'età carbonica risulta dal ritrovamento di fossili [22, 23, 24, 25]. La formazione arenacea sovrastante, analogamente agli argiloscisti, appare progressivamente più metamorfica dal Monte Fico procedendo verso sud, fino a diventare quarzite quasi compatta. A nord di Rio Marina lo spessore della formazione arenacea aumenta notevolmente ed appaiono termini superiori talora con evidente stratificazione incrociata, denotante una facies eolica corrispondente a un ambiente desertico. La sua attribuzione al Permico non è stata mai messa in dubbio.

2. *Calcarei neri e cavernosi del Retico.*

Calcarei cavernosi nerastri prevalenti nella parte inferiore e calcarei stratificati, pure nerastri, nella parte superiore; nell'insieme, è la facies che abitualmente ha il Retico nella Toscana. Nei campioni estratti da una trivellazione eseguita presso Casa Pazzaglia (a ovest del M. Calendozio) sono apparsi anche strati marnosi neri con Bac-trilli. In tutta la Toscana il Retico è trasgressivo sul Permico; non c'è motivo di pensare che nell'isola d'Elba le cose stiano diversamente. Tuttavia il contatto Retico-Permico appare in molti luoghi indubbiamente segnato da una superficie di scorrimento; probabilmente il contatto trasgressivo originario non si è conservato intatto in alcun luogo, ma lo scorrimento tettonico deve essere stato di lieve entità e di significato puramente locale, poiché a nord del M. Arco al Permico segue sempre regolarmente il Retico. Da Monte Arco verso sud si osservano invece fenomeni di scagliatura e laminatione fino a scomparsa ora del Permico, ora del Retico.

3. *Calcarei del Lias.*

Appaiono, com'è noto, soltanto verso l'estremità nord dell'Elba orientale. Nella cava delle Paffe (tra il Cavo e il M. Calendozio) è ampiamente scoperto il calcare grigio-perla, non stratificato, che, insieme col bianco ceroide (poco rappresentato all'Elba) si può riferire con certezza all'Hettangiano. Seguono calcarei color nocciola, calcarei con liste di selce, calcarei nerastri e rosei, nodulari, calcarei a lastre con fitte intercalazioni marnose, che si possono attribuire al Lias superiore oppure al Dogger.

Il FUCINI nella sua monografia sul Monte Pisano [27], prese in considerazione anche i terreni della parte settentrionale dell'Elba (pag. 130-146). Egli considerò calloviani i calcarei della cava delle Paffe, e attribuì al Wealdiano la maggior parte delle altre formazioni presenti nella zona. Ma in appoggio alle sue interpretazioni non fornisce alcun dato paleontologico, e i rapporti spaziali tra i vari terreni, come risultano dalle fotografie riprodotte, sono geometricamente inverosimili e inconciliabili con l'andamento degli strati che si osserva sul terreno. Pertanto le conclusioni del FUCINI, che del resto non furono accettate per altre zone della Toscana, risultano inaccettabili anche per la parte che riguarda l'isola d'Elba.

COMPLESSO IV

È il complesso delle argille scagliose, con ofioliti e calcarei. L'interesse maggiore sta nel raffronto che si può fare coi complessi ofiolitiferi della Toscana, della Liguria e dell'Emilia.

È noto che il complesso delle « argille scagliose ofiolitifere » si presenta con aspetti notevolmente diversi procedendo dalle rughe appenniniche esterne (presso l'Adriatico o la pianura padana) verso le rughe interne, prossime alla costa tirrenica. Nelle rughe esterne l'aspetto è interamente caotico: si nota una mescolanza inestricabile di materiali di composizione ed età diversa e l'unità è data soltanto considerando il particolare meccanismo tettonico che ha determinato la giacitura alloctona. Nelle rughe

più interne i materiali che costituiscono il complesso sono molto meno eterogenei: salvo rari inclusi di natura diversa si osserva una massa fondamentale costituita dalla « argilla scagliosa », intercalazioni di calcari « palombini »; placche di calcari « alberesi »; le note pietre verdi coi diaspri spesso associati e infine, più raramente e come componente quasi accessorio, lastre di arenaria e marna.

Nell'isola d'Elba il complesso ofiolitifero è ancora meno sconnesso, tanto che è possibile, dove la copertura vegetale non impedisce materialmente l'osservazione, rendersi conto dell'assetto tettonico generale e ricostruire idealmente in modo approssimato la successione dei vari termini quale poteva essere prima dello scivolamento tettonico.

Dal basso all'alto si osserva:

1. *Argille variegate.*

Chiamate da vari autori scisti varicolori e designate dal LOTTI con *l₃*. Sono argille con lievissima sericitizzazione, talora con aspetto tendente allo scaglioso, variamente colorate, ma con la prevalenza di un color bruno-tabacco. Nella parte nord-orientale dell'Isola, dove affiora la serie liassica descritta nel complesso III, sembrano giacere in continuità stratigrafica sopra ai calcari lastriformi con intercalazioni marnose che si possono riferire al Lias superiore o al Dogger.

Il LOTTI accenna al ritrovamento di Posidonomie entro queste argille presso Torre del Giove. Nonostante ricerche minuziose, BNEO ed io non abbiamo potuto ritrovare la località fossilifera, forse oggi coperta dalla fittissima macchia; non abbiamo potuto così eliminare il dubbio che le Posidonomie provenissero dal livello di calcari lastriformi con marne intercalate, oppure da altro livello marnoso. Il dubbio era legittimo, data la struttura a scaglie della regione.

La originaria continuità stratigrafica tra i predetti calcari lastriformi e le argille variegate è una supposizione basata su osservazioni che non posso ancora considerare conclusive. È pertanto da considerarsi un problema aperto e non risolto. Qualora la continuità originaria potesse in qualche modo sicuro venire dimostrata, ne risulterebbe che all'Elba per la prima volta si conoscerebbe l'originario substrato dei materiali che costituiscono il « complesso delle argille scagliose ofiolitifere », che dovunque nel continente risulta alloctono.

A sud della zona di Torre del Giove, e più precisamente a sud del passo della Parata, le argille variegate, con aspetto talora scaglioso, si trovano sempre adagiate tettonicamente sui calcari retici o su terreni ancora più antichi.

Per questa ragione, e per il dubbio che ancora sussiste sulla continuità delle argille variegate con la serie liassica della zona del Cavo, è opportuno tenere distinto il complesso III dal IV.

2. *Argille scagliose con intercalazioni di calcare « palombino ».*

Si distinguono dalle precedenti soltanto perché hanno aspetto nettamente scaglioso. Una separazione netta è pressoché impossibile cartograficamente. D'altra parte la mag-

giore scagliosità si osserva presso le lenti di calcare palombino, dove i movimenti differenziali sono stati maggiori, e presso le lame di serpentina, cioè dove è manifesta un'azione di scivolamento tettonico maggiore. I calcari « palombini » si trovano inclusi nelle argille come masse lenticolari o come scaglie. Poichè tuttavia l'argilla si trova anche intercalata talora regolarmente tra strato e strato, i « palombini » non possono considerarsi come veri « esotici » nel complesso delle argille scagliose, ma piuttosto come uno dei componenti normali della serie originaria, talora dispersa a scaglie nella massa argillosa per azioni tettoniche secondarie.

Nei calcari palombini J. CADISCH [13] trovò *Calpionella alpina* LORENZ. Pertanto essi e una parte delle argille debbono considerarsi di età oscillante tra il Titoniano e il Valanginiano, o comunque non molto diversa.

3. *Serpentina, eufotide, diabase.*

La serpentina appare in lame entro le argille scagliose, talora con frequenti ripetizioni di natura tettonica. Dove il complesso delle Pietre verdi è meno disturbato, i tre tipi litologici si trovano sovrapposti nell'ordine predetto. L'eufotide ha sempre pochi metri di spessore.

4. *Diaspri.*

Nella loro posizione normale ricoprono il diabase. Hanno spessore eccezionale, certamente superiore a 150 metri.

5. *Calcaro grigi, rosei e biancastri con interstrati marnosi.*

Corrispondono alla formazione designata e_3 dal LOTTI, e considerata eocenica. I calcari hanno stratificazione molto distinta; spesso tra strato e strato di calcare si trovano intercalati alcuni centimetri di marna.

Per l'età di questa formazione i riferimenti paleontologici sono il ritrovamento di *Calpionella alpina* LORENZ (STEINMANN 1913 [46]) e di Globigerine (COLLET e PAREJAS 1934 [15]). I dati paleontologici si riferiscono agli affioramenti della stessa formazione nell'Elba centrale (a sud di Portoferraio). In una prima approssimazione si può quindi affermare che questi calcari rappresentano tutto il Cretaceo.

6. *Marna rossa tipo « scaglia ».*

Affiora per breve spazio tra Monte Castello e Cima del Monte; nessun autore ha finora fatto cenno alla presenza di una roccia con aspetto di « scaglia rossa ».

L'affioramento è in posizione tettonica tale (fig. 6) per cui è impossibile ricostruire su elementi di fatto la sua originaria posizione della serie. E' tuttavia probabile che si trovasse al tetto della formazione calcarea descritta al n. 5, e che rappresenti, come altrove, almeno una parte dell'Eocene.

COMPLESSO V

1. Flysch.

Il complesso V, che BENEZO e io abbiamo designato come « Flysch » (¹), corrisponde alle formazioni e_4 e_5 e_6 del LOTTI. Fu finora ritenuto eocenico per la presenza, alla base, di calcari (microbrecce) con Nummuliti. TERMIER e DE WIJKERSLOOTH lo considerarono autoctono.

Consta di un fitta alternanza di calcari di colore grigio di varie gradazioni fino quasi al nero, con marne e marne argillose e strati di arenaria simile al « macigno ». È attraversato da filoni di porfido granitico e di eurite.

Non esiste sul continente una formazione di facies uguale, tuttavia è simile, per certi aspetti, alla formazione del « macigno », staccandosene per la relativa povertà di strati arenacei e per la presenza di strati calcarei.

Io credo di poter considerare il Flysch dell'Elba come facies eteropica della formazione del macigno (con le marne intercalate) del continente. A conforto di questa ipotesi stanno i seguenti fatti: la formazione del macigno nella zona più vicina all'Elba, cioè nel promontorio di Piombino, ha caratteri di facies intermedia; scarsa l'arenaria, abbondanti le marne e con straterelli ben distinti; anche all'Elba alla base del Flysch (come nel continente alla base della formazione del macigno) esistono le microbrecce nummulitiche (Colle Reciso e golfo di Lacona). Anche all'Elba pertanto l'età della formazione non può essere indicata basandosi sul ritrovamento di una o due specie di Nummuliti, ma deve tener conto del fatto che i Nummuliti nella microbreccia sono rimaneggiati e associati a Discocycline. Pertanto io ritengo che il Flysch appartenga all'Oligocene (probabilmente superiore) e possa rappresentare, coi suoi livelli più alti, forse anche una parte del Miocene.

III. TETTONICA ELEMENTARE DEI SINGOLI COMPLESSI.

I cinque complessi sopra descritti (cap. II) appaiono indipendenti tra loro per la posizione tettonica. Il primo appare autoctono; gli altri hanno per base una superficie di scorrimento tettonico. È possibile, ma non ancora sufficientemente documentato, che il complesso IV sia in diretta continuazione del III. In tal caso si tratterebbe di un complesso unico. Il complesso II, caratterizzato dai cipollini e dagli scisti lu-

(¹) Nella nota su « *I lineamenti tettonici dell'Isola d'Elba* » [9], BENEZO e io avevamo distinto soltanto quattro complessi e quindi il Flysch era designato come complesso IV, anzichè V, come nel presente lavoro. La nostra affermazione che « *nulla di analogo è stato finora osservato sul continente* » ha sollevato obbiezioni da parte del dott. GIOVANNI CECIONI, in una nota comparsa di recente (*Eocene di copertura di Rovereto e complesso IV di Beneo e Trevisan*. « *Natura* », vol. XL, Milano 1949). Egli afferma, pur senza conoscere l'isola d'Elba, ma solamente basandosi sulla nostra breve descrizione preliminare, che il Flysch dell'Elba corrisponde all'*« Eocene di copertura »* dei Monti Livornesi, da lui illustrato in una nota del 1939.

Col nome, improprio da tutti i punti di vista, di « *Eocene di copertura* », egli designa i calcari alberesi e altre rocce associate, che dovunque, non soltanto nei monti livornesi, fanno parte del complesso delle « *argille scagliose ofiolitifere* ». Il Flysch dell'Elba invece ha facies molto diversa ed età più recente.

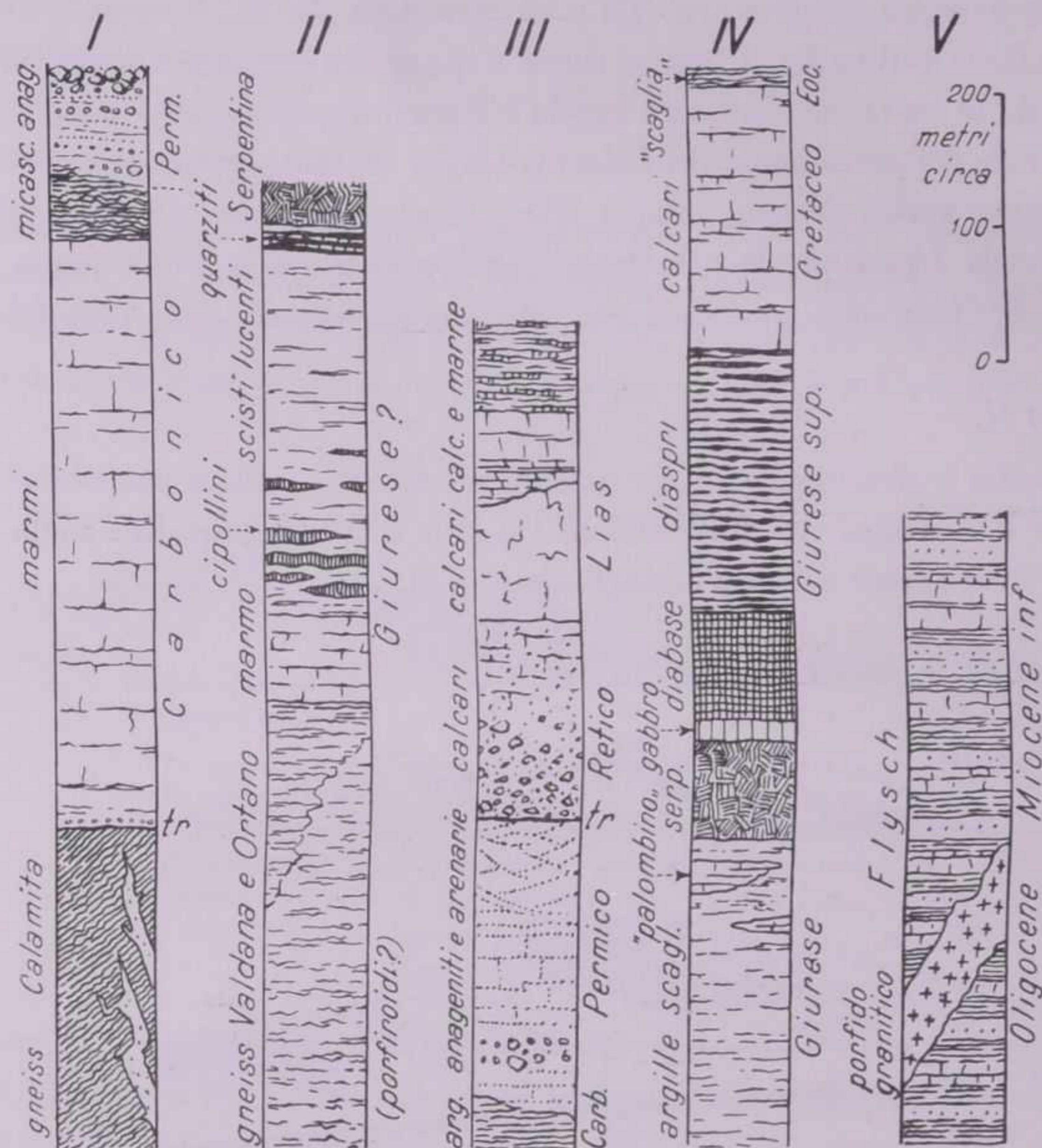


FIG. 4. - Prospetto dei cinque complessi dell'Elba orientale. Gli spessori sono indicati con larga approssimazione. *tr* indica le superfici di trasgressione. Il complesso I è autoctono; tutti gli altri hanno gradi diversi di alloctonia. È possibile, ma non ancora dimostrata, la continuità stratigrafica del complesso III col complesso IV. I complessi I e II sono metamorfici; il III è metamorfico a sud e non metamorfico a nord. Il IV e il V non sono metamorfici.

centi, può interpretarsi come il corrispondente metamorfico dei complessi III e IV, ridotti di spessore e laminati fino alla scomparsa di qualche delle formazioni originarie.

Ognuno dei cinque complessi ha uno stile tettonico elementare suo particolare, espressione evidentemente sia della consistenza litologica, sia del tipo e dell'entità del movimento a cui è andato soggetto.

Pertanto ho ritenuto opportuno dividere in due parti la trattazione della tettonica; nella prima parte, cioè nel capitolo presente, si tratteggiano i caratteri tettonici elementari dei singoli complessi. Questo capitolo pertanto è quasi esclusivamente descrittivo. Nel capitolo IV verrà considerata la tettonica d'insieme, quella cioè che riguarda i rapporti tra i vari complessi. In esso pertanto verranno accennati problemi interpretativi che riguardano anche la cinematica e la dinamica delle dislocazioni tettoniche.

Complesso I.

Ha andamento tettonico generale poco perturbato. La fig. 3 (pag. 10) ne dà un esempio. Dalla cartina fig. 1 appare che si tratta di una struttura a mezza cupola, con largo raggio di curvatura. La mezza cupola è determinata da una grande faglia presso il lato orientale del promontorio del Calamita (faglia diretta) accompagnata da altre di entità almeno apparentemente minore. Per analogia con quanto si osserva nella parte nord-orientale (specialmente nel Monte Calendozio) le faglie dirette presso la costa orientale dell'Isola sono posteriori allo scivolamento tettonico delle varie falde.

Complesso II.

Scistosità e stratificazione sono concordanti ed hanno costante immersione verso W o verso WNW. Fanno eccezioni soltanto l'isolotto d'Ortano e qualche tratto a S del M. Arco, dove appare una leggera sinclinale (fig. 5).

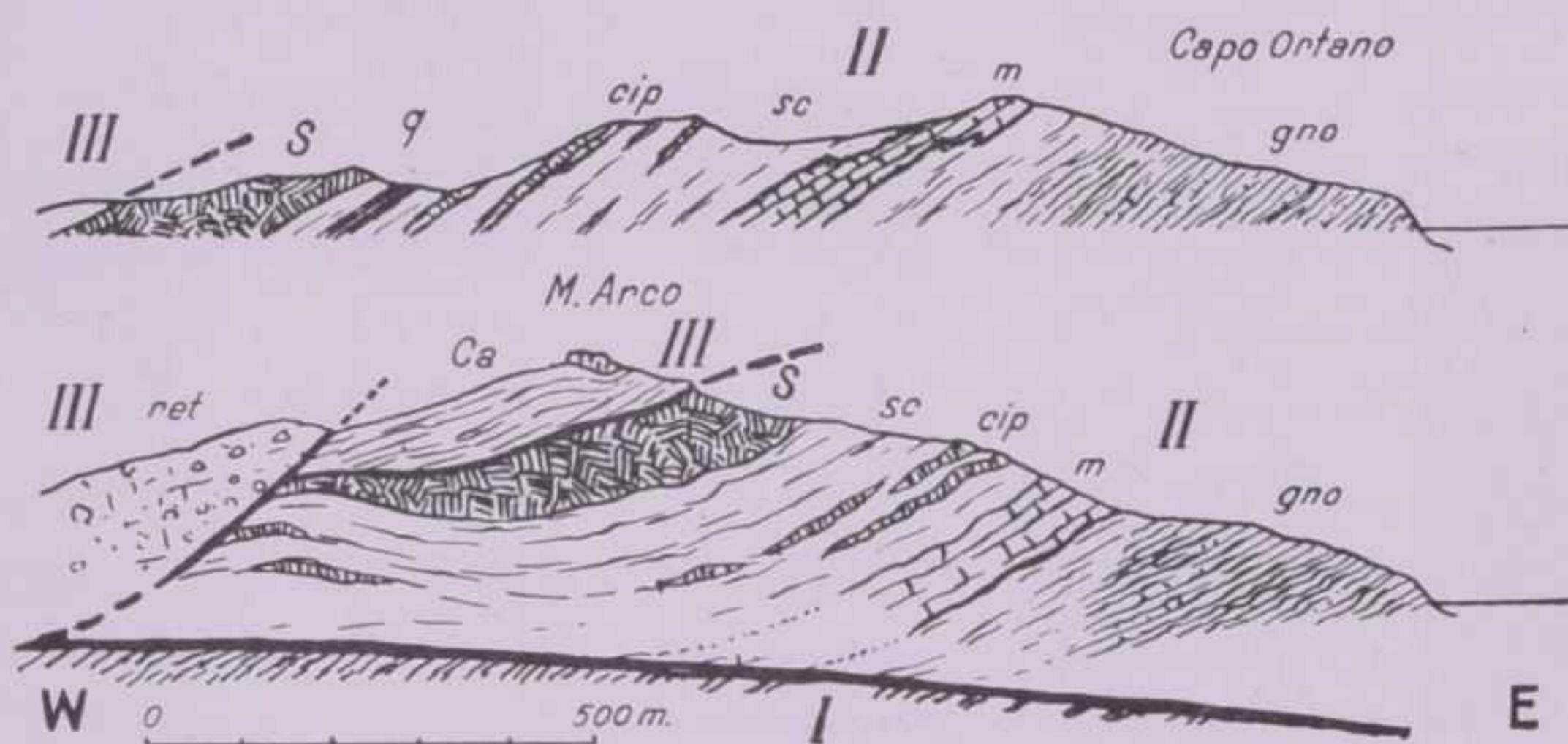


FIG. 5. - Sezioni attraverso il complesso II.

gno = gneiss di Ortano; m = marmi; sc = scisti lucenti; cip = intercalazioni di cipollino negli scisti lucenti; q = quarziti; S = serpentina. Nel complesso III: Ca = scisti macchiettati del Carbonico; ret = calcaro cavernoso del Retico.

Come è già stato accennato a proposito della descrizione litologica, la giacitura lenticolare dei marmi e dei cipollini e la marcata scistosità delle rocce fa pensare che siano scomparsi per laminazione alcuni termini della serie originaria.

Complesso III.

Analogamente al precedente si ha immersione quasi senza eccezione verso ovest. Il contatto tra i calcari retici e la serie permocarbonica, originariamente di trasgressione stratigrafica, è in molti luoghi (e forse dovunque) alterato più o meno dalla presenza di una faglia, particolarmente evidente nella sezione di Monte Arco (fig. 5); dove il Retico si addossa direttamente agli scisti carbonici anziché alle arenarie permiche. Nella parte nord dell'Elba orientale (zona del Cavo), dove il complesso III ha il suo sviluppo completo, il Retico si ripete due volte nei profili trasversali: una scaglia di calcari retici e liassici sta addossata alle arenarie permiche del M. Calendozio; una seconda scaglia è situata più a ovest, alla base dei Monti Gòrgoli e Argentiera. La

fronte di questa scaglia è mal visibile a causa della folta vegetazione di macchia; comunque il Retico sembra sovrascorso ai calcari selciferi e marnosi riferiti al Lias superiore o Dogger, come appare nella fig. 6 della « Guida schematica » di E. BENEZO [10].

Complesso IV.

In questo complesso gli indizi di movimenti differenziali tra i vari terreni che lo costituiscono e le ripetizioni tettoniche di parti sono diffusi ed evidenti. Sono frequenti lame di serpentina entro le argille e una fitta rete di faglie con orientamenti diversi entro i calcari del Cretaceo. La fig. 6 dà un esempio dello stile del complesso IV.

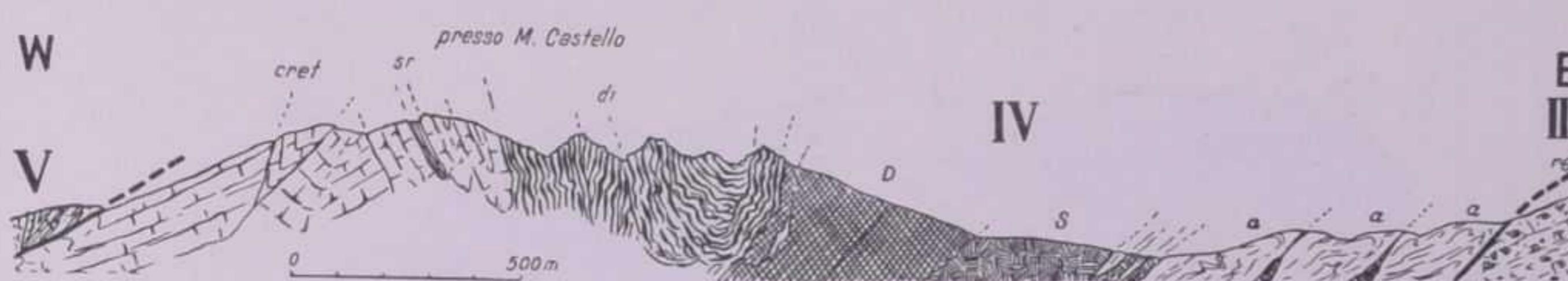


FIG. 6. - Sezione in continuazione di quella passante per M. Arco nella fig. 5, per mostrare lo stile tettonico del complesso IV.
ret = calcari cavernosi del Retico (complesso III); a = argille scagliose (base del complesso IV), con lame di serpentina intercalate; S = serpentina; D = diabase;
di = diaspri; cret = calcari del Cretaceo; sr = «scaglia» rossa. All'estremità W della sezione appare un lembo del Flysch del complesso V.

Nella zona del Cavo, come mostrano gli stereogrammi 5 e 7, le ripetizioni della serie, o di notevoli parti della serie, sono multiple e le scaglie costituite dai calcari cretacei sono di dimensioni molto maggiori.

In questo complesso la diversa consistenza e rigidità dei vari tipi di roccia ha una grande importanza nella tetttonica di dettaglio. È notevole come siano piegati e pieghettati i diaspri, mentre nei calcari, pur non mancando pieghe anche con piccolo raggio di curvatura, prevalgono le faglie. Argille e serpentine formano sovente fitte alternanze tettoniche di stile plastico. Alla presenza di argille e serpentine e alla loro proprietà di lubrificante tetttonico si può attribuire, almeno in buona parte, lo stile movimentato e disordinato di questo complesso eterogeneo.

L'accavallamento di tante piccole unità con carattere di scaglie è manifesto. La fig. 6 si riferisce a un luogo in cui il complesso IV appare con la successione più ordinata, cioè con ripetizioni per scaglia di entità piccola; più a nord l'accavallamento delle scaglie è molto più manifesto. Questo stile di deformazione può essere interpretato come dovuto a scivolamento gravitativo; in un primo momento la serie originaria sarebbe scivolata sul suo substrato smembrandosi specialmente lungo superfici entro le argille e le serpentine, poi le singole scaglie risultanti dallo smembramento si sarebbero accavallate le une sulle altre in regime di compressione.

Complesso V.

Il complesso V, o complesso del Flysch, appare dovunque alloctono e intersecato in tutti i sensi da superfici di scorrimento. Nell'insieme si può pensare che il meccanismo di movimento sia stato uguale a quello del complesso IV; ma la diversa

costituzione litologica ha determinato uno stile più minuto di smembramento. Gli strati si immergono quasi costantemente verso W o verso NW, con inclinazione maggiore della superficie tettonica sulla quale il complesso è sovrascorso. Lo spessore originario è impossibile a ricostruirsi. Nell'Elba occidentale non si hanno vasti affioramenti scoperti in modo da dare un'idea dello stile di deformazione di questo complesso. L'immersione sempre verso W o NW, con inclinazioni ora forti ora deboli fa pensare a numerosissime pieghe e ripieghe e quindi a un regime di prevalente compressione laterale. Nell'Elba occidentale esistono affioramenti molto favorevoli ad osservazioni d'insieme (fig. 7).

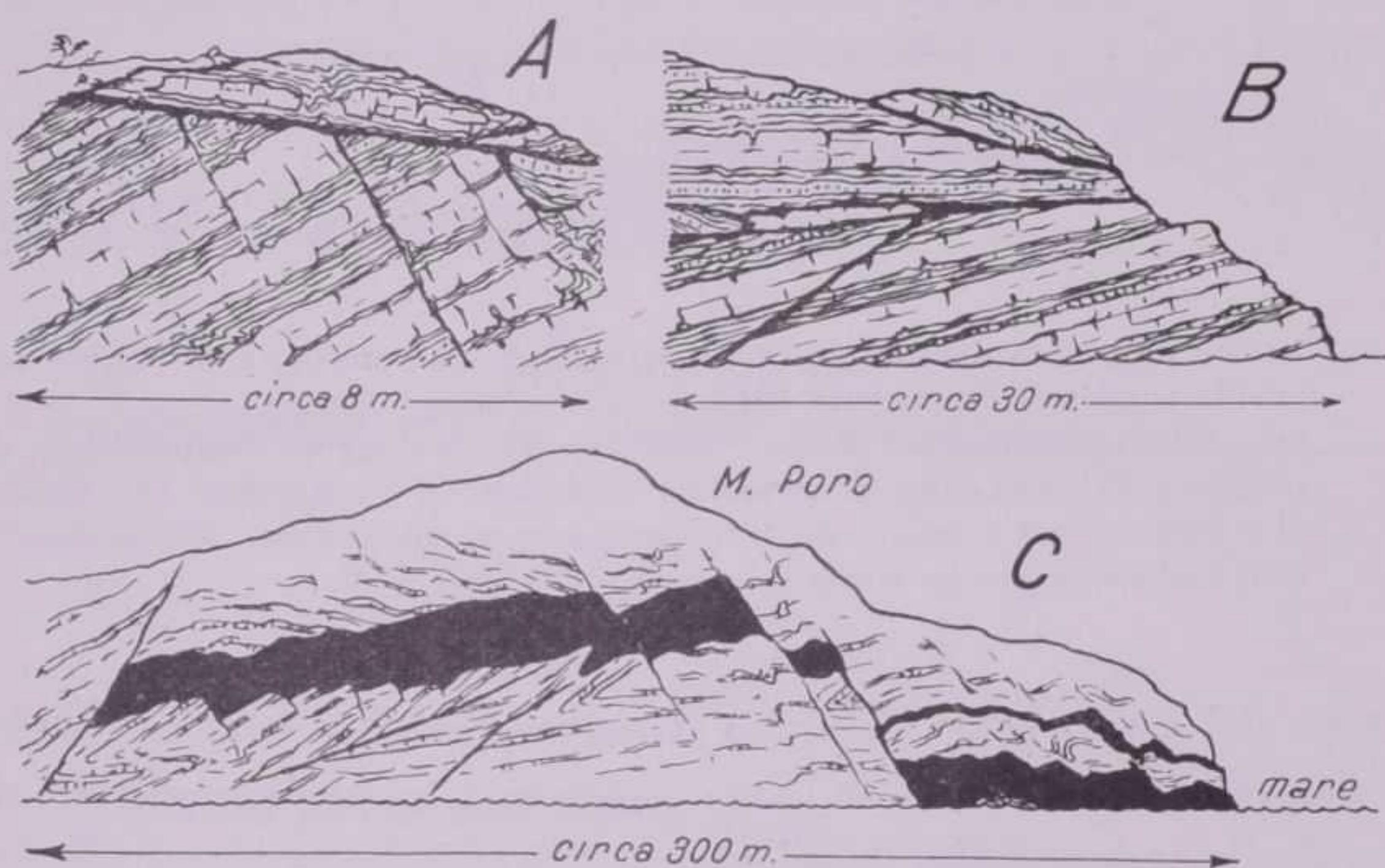


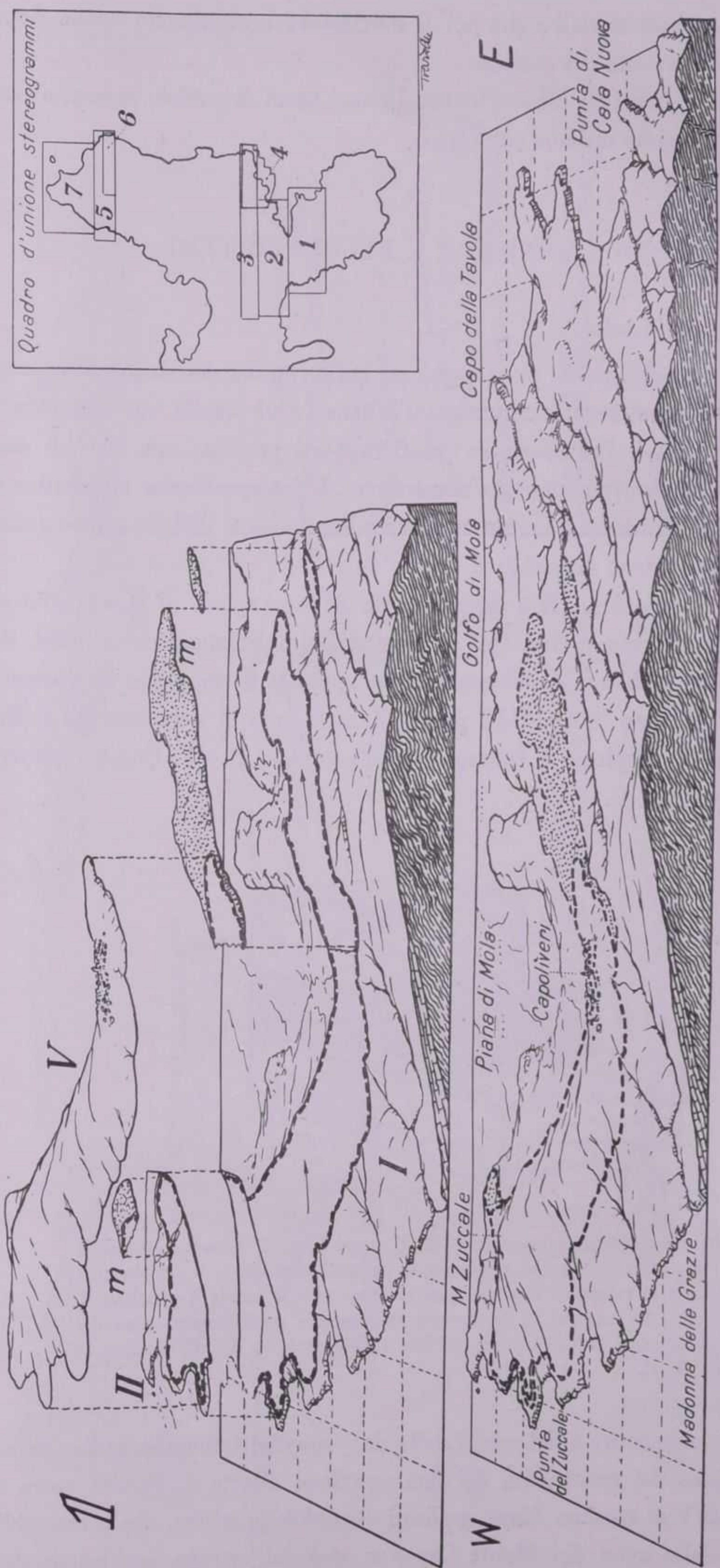
FIG. 7. - Schizzi in diverse scale per mostrare lo stile di deformazione proprio del complesso del Flysch.

A = Fronte di una piccola cava lungo la strada Pila - S. Ilario (Elba occidentale).
B = Affioramento lungo la falesia del promontorio di Marina di Campo (costa sud dell'Isola), tra Monte Cenno e Monte Turato.

C = Un tratto della falesia intorno alla punta di Campo (Monte Poro). E' svolto in piano un tratto di falesia, come appare girando con una barca la punta del promontorio. In nero sono indicati i filoni di porfido granitico.

Dalle sezioni naturali A e B, e da altre perfettamente analoghe visibili lungo la costa, dove la denudazione è completa, si nota una grande frequenza di superfici di scorrimento con inclinazioni molto deboli; ciò denota che il complesso ha subito movimenti di traslazione notevoli, essendo la componente orizzontale di movimento prevalente sulle altre.

Nella sezione C è chiaramente visibile la giacitura dei filoni di porfido granitico che attraversano la massa del Flysch. Osservando l'andamento degli strati al letto e al tetto del filone, rappresentato nello schizzo, si nota che gli strati stessi non sono concordanti; ciò si spiega ammettendo che il filone si sia intruso lungo una superficie di scorrimento suborizzontale simile a quelle figurate in A e in B nella stessa fig. 7. Il filone di porfido stesso è a sua volta tagliato da un altro sistema di faglie, insieme alla roccia incassante. Da ciò si può dedurre che l'intrusione del porfido è avvenuta quando



Stereogramma n. 1 (fig. 8).

Fig. 8. - Stereogramma della zona di Capoliveri e quadro d'unione degli stereogrammi delle altre zone (in alto a destra). I numeri romani si riferiscono ai complessi descritti nei capitoli II e III. m indica miloniti. Nella sezione in primo piano si vedono gli «gneiss del Calamita» e, a sinistra, i calcari saccaroidi del complesso I. Nello schizzo inferiore è rappresentata la zona nel suo insieme, con l'indicazione dei limiti d'affioramento dei vari complessi; nello schizzo superiore si immaginano sollevati i terreni alloctoni e visibili le superfici di scorrimento.

già il complesso di Flysch aveva iniziato il suo movimento, con la formazione di superfici di scorrimento suborizzontali e che poi il movimento è continuato anche dopo l'intrusione e il consolidamento del porfido.

Nei due lembi di Flysch dell'Elba orientale i grossi filoni di porfido appaiono sradicati; hanno quindi viaggiato insieme col Flysch.

IV. TETTONICA GENERALE E I SUOI PROBLEMI.

Esame dei luoghi più significativi.

Dopo aver passato rapidamente in rassegna gli stili tettonici dei singoli complessi (cap. III), è necessario esaminare la tettonica d'insieme, cioè quella che riguarda i rapporti tra i vari complessi. Per illustrare questi rapporti presento una serie di stereogrammi, seguiti da un breve commento illustrativo. L'interpretazione cinematica e dinamica della tettonica d'insieme è argomento straordinariamente difficile e deve quindi intendersi come impostazione di problemi ancora aperti.

Stereogramma 1. Il complesso II è rappresentato da una specie di cuneo, che si assottiglia verso sud fino a scomparire. Nel promontorio immediatamente a nord di quello indicato col nome di Punta del Zuccale, dove appunto il complesso II si assottiglia fino a scomparire, sono ben visibili presso il mare, per il denudamento della falesia, i rapporti tra il complesso I (autoctono) e i complessi II e V. Questi rapporti sono schematizzati nella fig. 9.

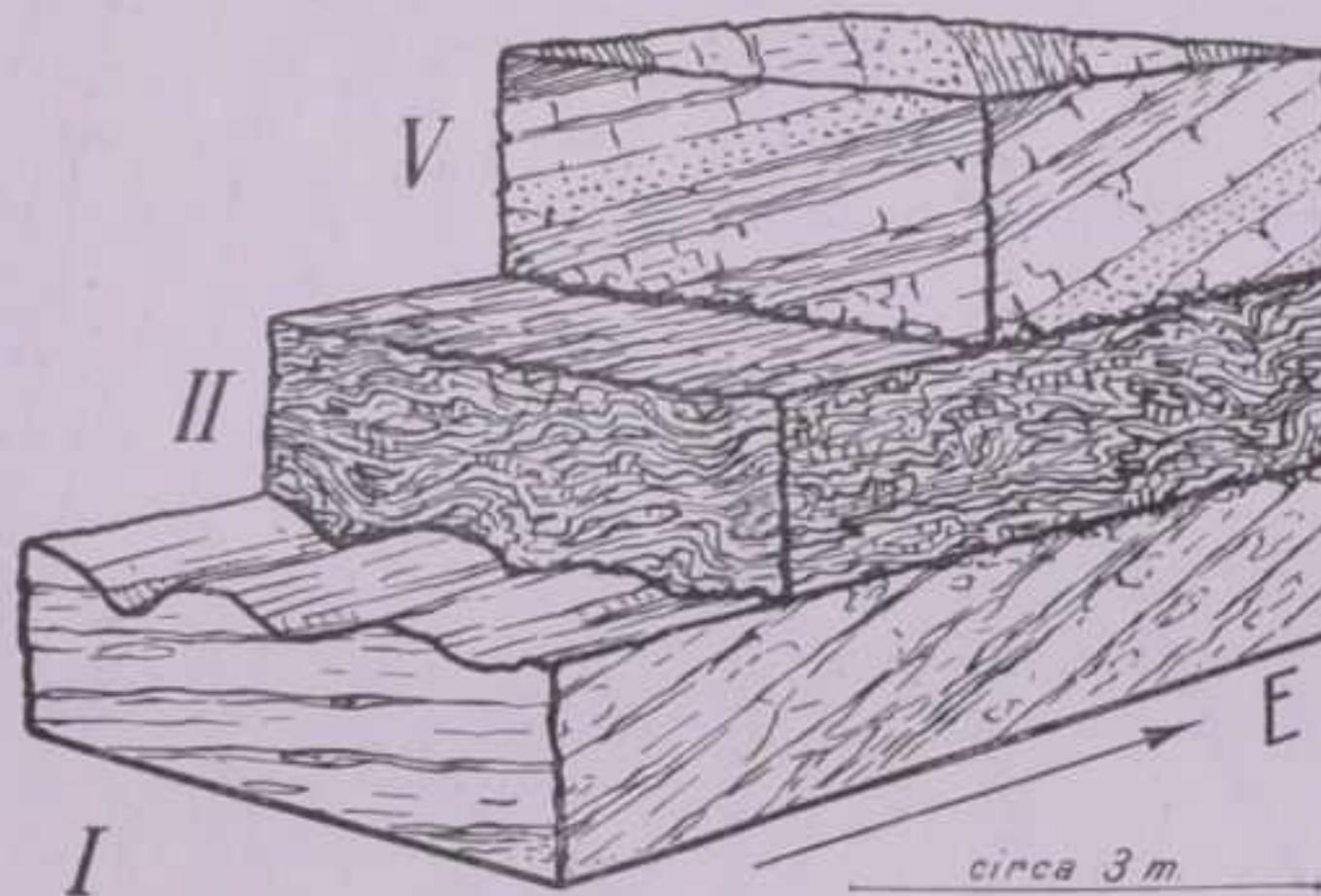


FIG. 9. - Schema dei rapporti tra i complessi I, II, V presso Punta di Zuccale (Golfo della Stella). Il complesso I è qui rappresentato da scisti anagenitici; il complesso II da una lama di calcescisti con uno spessore di un paio di metri; il complesso V dal «Flysch». Le superfici di separazione, che appaiono manifestamente come dovute a scorrimento tettonico, sono ondulate (specialmente tra I e II) e striate in direzione W-E.

La direzione delle striature e dei solchi nelle due superfici tettoniche indica manifestamente la direzione del movimento dei due complessi alloctoni. Poichè entro il Flysch del complesso V si trovano filoni sradicati di porfido granitico, che presumibilmente provengono dalla zona del Monte Capanne, cioè dall'estremo occidentale dell'Isola, è lecito argomentare che il movimento delle masse alloctone è avvenuto da ovest verso est.

Stereogramma n. 2 (fig. 10).

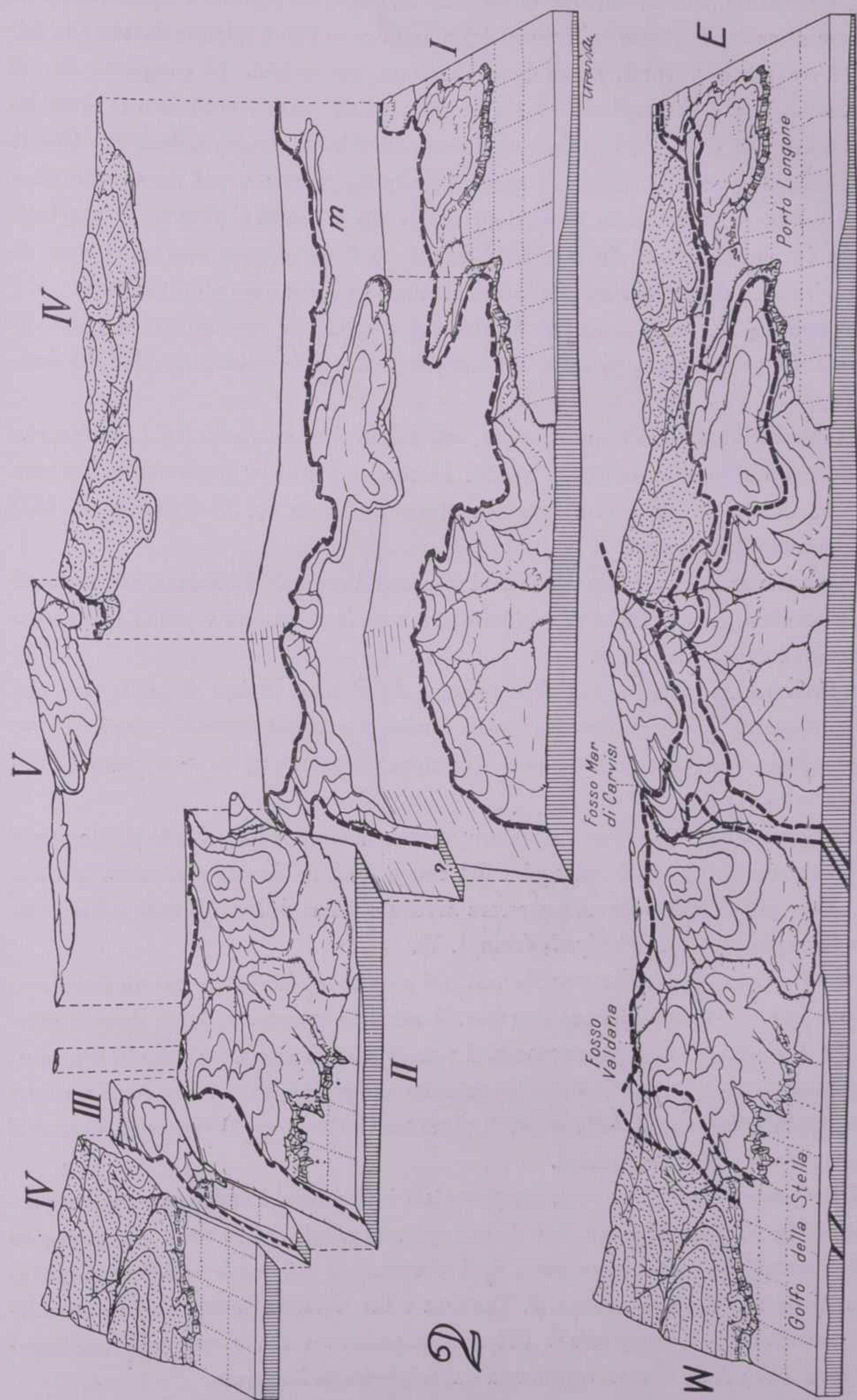


Fig. 10. - Stereogramma della zona tra Porto Longone (oggi Porto Azzurro) e il golfo della Stella. In questa zona le miloniti *m* hanno la loro maggiore potenza e contengono grandi inclusi.
Scala: il lato di ogni quadrato disegnato in mare con punteggiatura corrisponde a m. 200.

In questa zona il complesso III non appare; del complesso IV si trovano tracce entro le miloniti indicate con *m*. Infatti immediatamente a sud di Capoliveri affiora una lama di serpentina, mentre altrove la milonite ha colore verdastro che sembra derivato da diabase alterato. Pertanto la formazione milonitica *m* non è soltanto dovuta alla frizione del complesso V sul I, ma indica soprattutto un residuo del complesso IV. Si ha l'impressione che il complesso IV sia in certo modo *passato* attraverso la zona lasciando dietro a sè traccia del suo passaggio con un velo di residui milonitici. Queste miloniti sono stese su una superficie quasi orizzontale, situata a una quota intorno a 70 metri sul mare. È pertanto opportuno notare che le spianate di circa 70 metri sul mare, sia in questa zona, sia a nord del golfo di Mola, dove le condizioni sono simili, non sono terrazzi marini, ma parti riesumate di una superficie tettonica.

Il complesso V, come appare dallo stereogramma 1, sta sovrapposto in parte direttamente sul complesso I, in parte sul complesso II e sulle miloniti residue del complesso IV.

Di tutta l'Elba orientale questa zona, con l'intero promontorio del Calamita che si estende a sud di essa, è quella che mostra i terreni più antichi finora noti in Toscana (gneiss del Calamita) sollevati a notevole altezza (sommità del M. Calamita m. 413) e più intensamente denudati.

Se il denudamento dovesse attribuirsi ai processi normali d'erosione subarea o ad abrasione marina, occorrerebbe immaginare che esso fosse avvenuto prima dell'arrivo dei terreni alloctoni (Miocene).

Secondo questa ipotesi si potrebbe pensare che si tratti di una di quelle aree che nell'Oligocene col loro denudamento hanno fornito i materiali arenacei e argillosi che, col meccanismo della risedimentazione a distanza (MIGLIORINI), hanno formato il complesso del « macigno ».

Stereogramma 2. Ma si può formulare anche una seconda ipotesi: che cioè la scomparsa dei terreni superiori al Paleozoico del complesso I sia dovuta a scivolamento tettonico. Tale scivolamento dovrebbe essere avvenuto prima dell'arrivo della coltre ofiolitifera (completo IV) e del Flysch (compl. V).

Anche in questo stereogramma le miloniti sono state disegnate come un complesso a sè stante, poichè hanno spessore notevole. Il massimo spessore si trova dove il complesso IV è sovrapposto direttamente al I (gneiss del Calamita). Le miloniti separanti il complesso I dal II sono indicate come unite alle precedenti. La loro continuazione in profondità è ipotetica. Nelle miloniti si trovano inclusi blocchi di granito, di marmi gialli e rocce di altre formazioni.

Nella parte destra della zona rappresentata è da notarsi l'andamento delle superfici tettoniche. I complessi IV e V hanno spessore relativamente tenue e poggiano su superfici tettoniche quasi orizzontali. Qui soprattutto è sostanziale la differenza di interpretazione rispetto alle ipotesi di TERMIER e DE WIJKERSLOOTH, i quali, considerando neoautoctono il complesso V (Flysch) ammettevano che il complesso argilloso-ofiolitifero (IV) fosse scorso sopra una superficie molto incurvata.

Stereogramma 3. Anche questo stereogramma è contiguo al precedente. La posizione reciproca dei 5 complessi è molto evidente. Il complesso I ha andamento molto tranquillo, il IV e il V sono intensamente piegati e formati di scaglie sovrapposte. La

Stereogramma n. 3 (fig. 11).

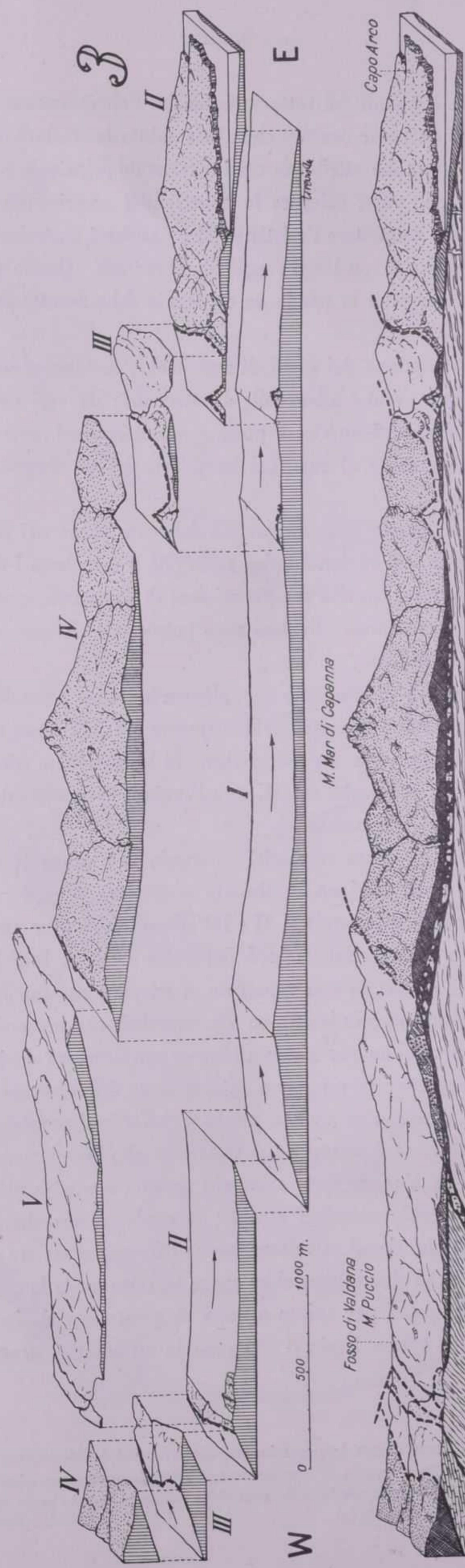


FIG. 11. - Stereogramma della zona tra il Fosso di Valdana (presso Casa Marchetti) e il Capo Arco.

tettonica movimentata è quindi del tutto superficiale. Poichè nessuno dei complessi ha spessore e rigidità tale da poter pensare che abbia subito la traslazione per una spinta ricevuta da ovest, si potrebbe attribuire ogni movimento principale a scivolamento gravitativo. In tal caso, per poter spiegare le superfici di scorrimento con immersione verso ovest, si dovrebbe ammettere l'esistenza di piegamenti posteriori, che potrebbero essere semplicemente pieghe con largo raggio di curvatura. Queste pieghe avrebbero modificato e in parte invertito la pendenza originaria del substrato al tempo degli scivolamenti per gravità.

Il valore dell'inclinazione dei piani di scorrimento con immersione a ovest (nella parte sinistra della figura) non è misurabile direttamente; da vari indizi osservati sui luoghi sembra che l'inclinazione stessa possa avere variazioni notevoli da luogo a luogo; si tratta evidentemente di superfici irregolari, che nel disegno sono necessariamente schematizzate.

Stereogramma 4. Questa zona appare parzialmente anche nei due stereogrammi precedenti; si noti che la superficie tettonica separante il complesso I dal II si immerge verso est, e, in corrispondenza della vecchia miniera di Terranera, scompare sotto il livello del mare. I vari complessi alloctoni sono imbricati e ciascuno di essi termina a becco di flauto verso occidente.

Questo motivo mostra chiaramente che, almeno in questa parte dell'Isola, non esistono « radici » delle falde: si tratta evidentemente di lembi senza radici che si sono staccati dal luogo d'origine per un meccanismo di lacerazione e stiramento.

Il complesso III è imbricato sul II, con l'intermediario costante di una lama di serpentina⁽¹⁾ e con una certa regolarità.

Si potrebbe spiegare questa regolarità pensando che prima il complesso III si sia imbricato sul II, e poi abbiano continuato a scivolare verso est come un blocco unico. Il blocco formato dai complessi II e III affiora in due zone (fig. 13): alla Valdana (a nord del Golfo della Stella) e a nord del Golfo di Mola. Il 2° lembo è manifestamente senza radici e poggia su una superficie di scivolamento con immersione verso est; il 1° lembo (Valdana) poggia invece su una superficie con immersione verso ovest, e mancano dati d'osservazione per poter affermare con sicurezza che è sradicato. I due lembi sono pertanto separati da una lieve intumescenza del substrato (Complesso autoctono, gneiss del Calamita). A questo punto si riaffaccia il problema già enunciato: l'intumescenza del substrato è anteriore o posteriore allo scivolamento dei complessi alloctoni soprastanti? Se è posteriore, entrambi possono essere scorsi sotto l'influenza della gravità; a movimenti posteriori sarebbe da ascriversi una alterazione fino a inversione del pendio originario di scivolamento; se l'intumescenza era anteriore o contemporanea, il lembo 1° (Valdana) potrebbe essere in certo modo la radice dell'altro, e trovarsi sopra al complesso I per spinta a tergo. A questa seconda ipotesi sembra opporsi il fatto che sia il lembo 1° sia il 2° hanno lo stesso stile strutturale, la stessa

(1) Secondo la carta del LOTRI, manca la serpentina per un tratto a sud del Monte Arco e per un tratto della Valdana. Invece in quei luoghi la serpentina è semplicemente ridotta di spessore, ma esiste fino al promontorio che chiude a ovest la Cala di Terranera; anche nella zona della Valdana affiora in modo continuo dal M. Fabbrello fino quasi al mare (Golfo della Stella).

Stereogramma n. 4 (fig. 12).

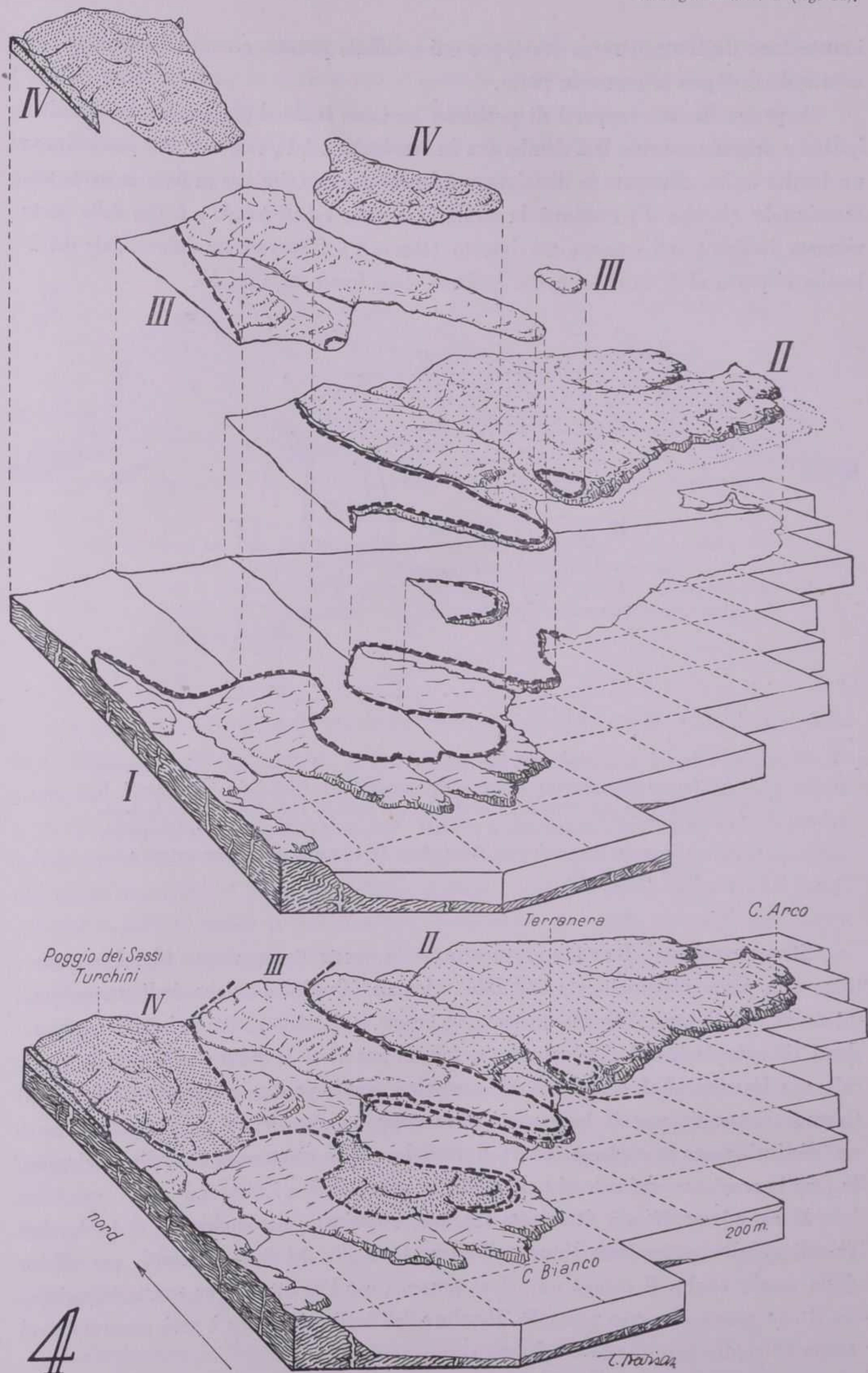


FIG. 12. - La zona tra il promontorio di Longone e il Capo Arco. Presso l'antica miniera di Terranera termina l'affioramento del complesso I (gneiss del Calamita). Dei due lembi del complesso IV quello sul promontorio di Capo Bianco ha aspetto intensamente milonitico.

immersione degli strati verso ovest, per cui è difficile pensare a meccanismi sostanzialmente diversi per la messa in posto.

A proposito dei rapporti di posizione tra i due lembi si può prospettare un'altra ipotesi: originariamente il 2° lembo era in continuità col 1°, cioè entrambi costituivano un lembo unico allungato in direzione nord-sud; poi esso si divise in due: la parte settentrionale (lembo 2°) continuò la traslazione verso est scorrendo a fianco della parte rimasta indietro nel comune movimento (lembo 1°). Il movimento differenziale del 1° lembo rispetto al 2° sarebbe quello indicato dalle frecce nella fig. 13.

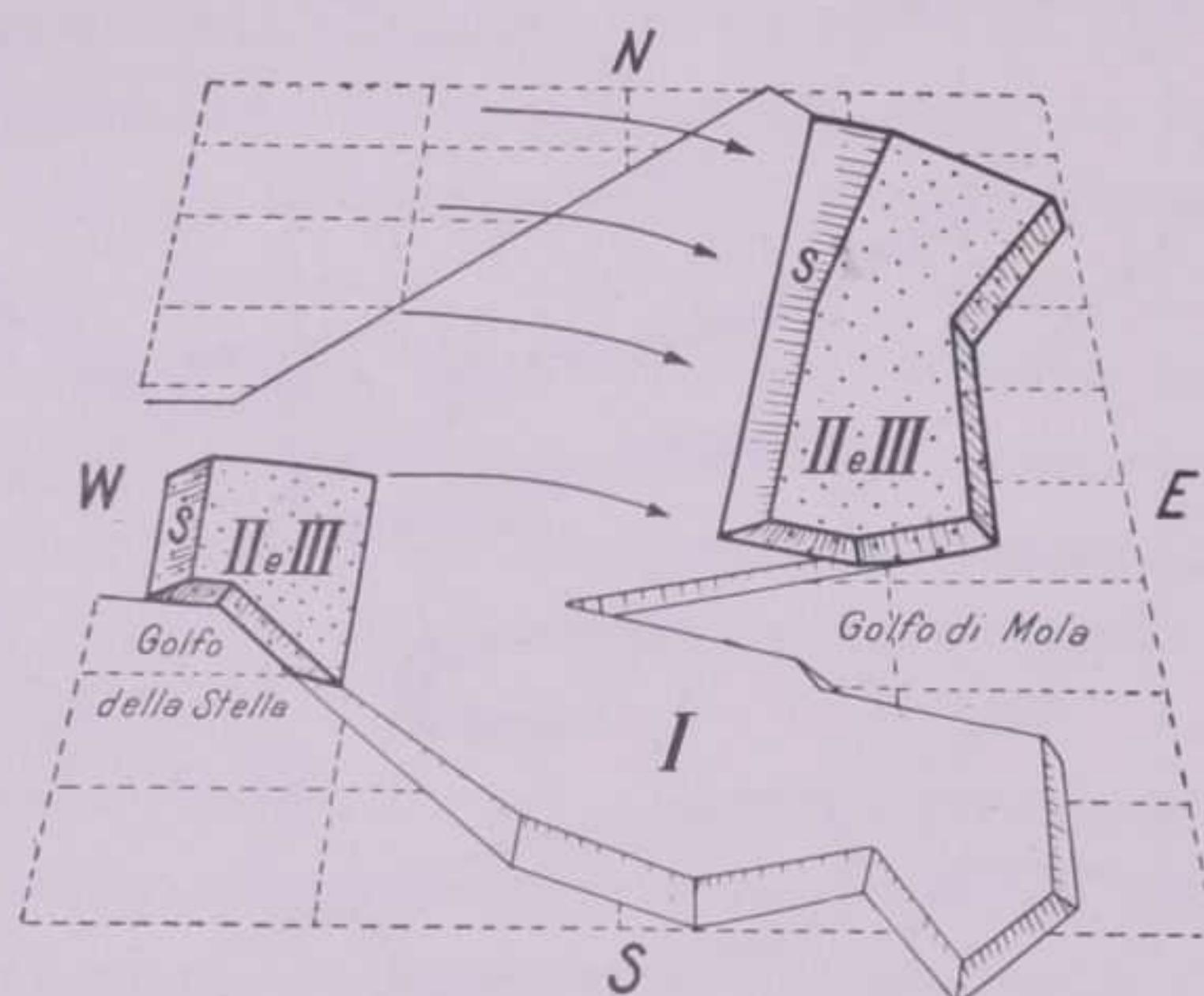


FIG. 13. - Figura schematica dell'Elba orientale vista da sud verso nord. I è l'autoctono (gneiss del Calamita). Il blocco dei complessi II e III è diviso in due lembi. Il 2° (quello settentrionale, a nord del Golfo di Mola) è scivolato verso est lasciando dietro a sé e lateralmente il 1° lembo (Valdana). S è schematicamente la superficie sulla quale giace imbucato il complesso IV (che nella figura è immaginato tolto, come pure il V).

Stereogramma 5. La zona rappresentata in questo stereogramma (fig. 14) appartiene alla parte settentrionale dell'Elba orientale (Quadro d'unione degli stereogrammi nella fig. 8, pag. 21). In questa zona, come è già stato scritto nei capitoli precedenti, il complesso III si presenta con terreni superiori al Retico, cioè con la serie calcarea liassica. Nel complesso IV assumono grande potenza e sviluppo i calcarri del Cretaceo; questi, per il loro particolare comportamento tettonico più rigido, vengono distinti come complesso *IV b*; il complesso *IV a* comprende le argille variegate, le argille scagliose, coi calcarri palombini, le pietre verdi e i diaspri.

Il complesso *IV a* è fittamente scagliato e laminato; il complesso *IV b* forma due grandi scaglie accavallate l'una sull'altra. La faglia del fosso Baccetti, per effetto della quale anche il complesso III si presenta con l'aspetto di due scaglie tettoniche, ha il suo piano immerso verso W. Il valore dell'inclinazione non è però misurabile sul terreno: il disegno quindi è soltanto approssimato.

Nel versante orientale del Monte Calendozio appare una gradinata di faglie dirette, per effetto delle quali il complesso IV riaffiora sulla costa del promontorio di Capo Pero. Lo stereogramma che segue illustra in modo più particolareggiato il meccanismo del sistema di faglie dirette.

Stereogramma 6. Rappresenta un'area compresa nello stereogramma precedente. I calcari retici vengono in contatto con le arenarie permiche mediante una faglia; sopra alla serie calcarea Retico-Lias (e forse Dogger) si stendono le argille variegate e le argille scagliose con pietre verdi, sormontate a lor volta dai calcari cretacei. Nella figura i terreni dal Retico al Cretaceo sono schematizzati.

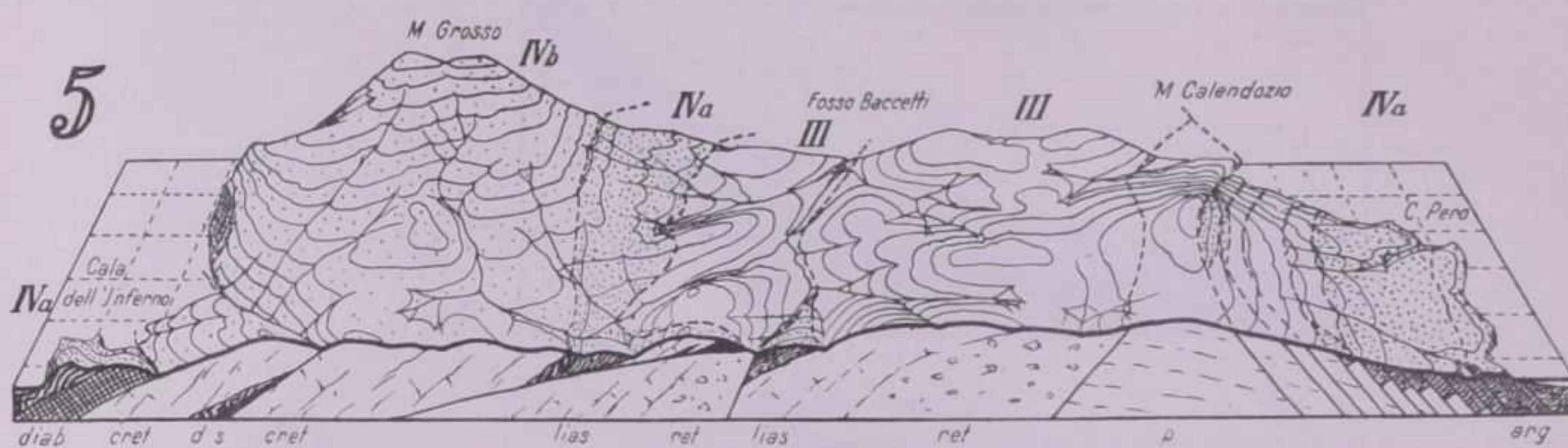


FIG. 14. - Zona tra Cala dell'Inferno e Capo Pero. Complesso IV b; *cret* = calcari del Cretaceo. Complesso IV a; *d* = diaspri; *diab* = diabase; *s* = serpentina; *arg* = argille scagliose e argille variegate. Complesso III: *lias* = calcari e calcari seleiferi liassici; *ret* = calcari cavernosi e dolomitici del Retico; *p* = argilloscisti carbonici e arenarie permiche.

Le faglie più orientali della gradinata, presso la sommità del M. Calendozio, sono ben visibili perché messe a nudo dai lavori nel cantiere minerario di Rio Albano. In particolare il muro della prima faglia diretta, costituito da arenaria permica, è messo a giorno dalla escavazione mineraria per altezza e lunghezza notevolissime. È presumibile che le faglie dirette siano state le vie seguite dalle acque termali mineralizzatrici, che hanno determinato i giacimenti di ferro (solfuri e ossidi); all'incontro con i lembi calcarei coperti da argille (e poi di nuovo, verso nord, da calcari cretacei) che si trovano come cunei tra due piani di faglia concorrenti, appare evidente il carattere metasomatico della mineralizzazione.

Non soltanto in questa zona dell'Elba è presente un fascio di faglie dirette. Già sono state ricordate quelle del lato orientale del grande promontorio del Calamita (fig. 1), tra le quali una predomina sulle altre; qui cade opportuno aggiungere che lungo il decorso della faglia esistono due giacimenti di magnetite. In genere tracce più o meno chiare di faglie dirette si possono osservare in molti luoghi sulla costa orientale dell'Isola, come Capo Arco e anche Capo Bianco. Quivi il carattere di piccole faglie dirette (presso la costa) è mostrato dalle troncature dei filoni di granito. Forse non è casuale che anche in questa zona di Capo Bianco esistono indizi di mineralizzazione nelle miloniti del promontorio.

Stereogramma 7. Rappresenta in continuità col precedente, l'estremità nord dell'Elba orientale. Sono presenti i complessi III e IV, quest'ultimo suddiviso in *a* e *b* come nello stereogramma 6. Nel complesso IVa sono comprese le argille variegate, che hanno andamento poco movimentato, e le argille scagliose, con lame di serpentina e diaspri, superiormente. È già stato detto che le argille variegate potrebbero essere anche

la continuazione stratigrafica della serie calcarea Lias-Dogger (compl. III). Benchè sia difficile giudicare l'entità di uno scorrimento tettonico quando sia interessata una formazione argillosa, tuttavia è certo che nella zona in questione un grande scorrimento è

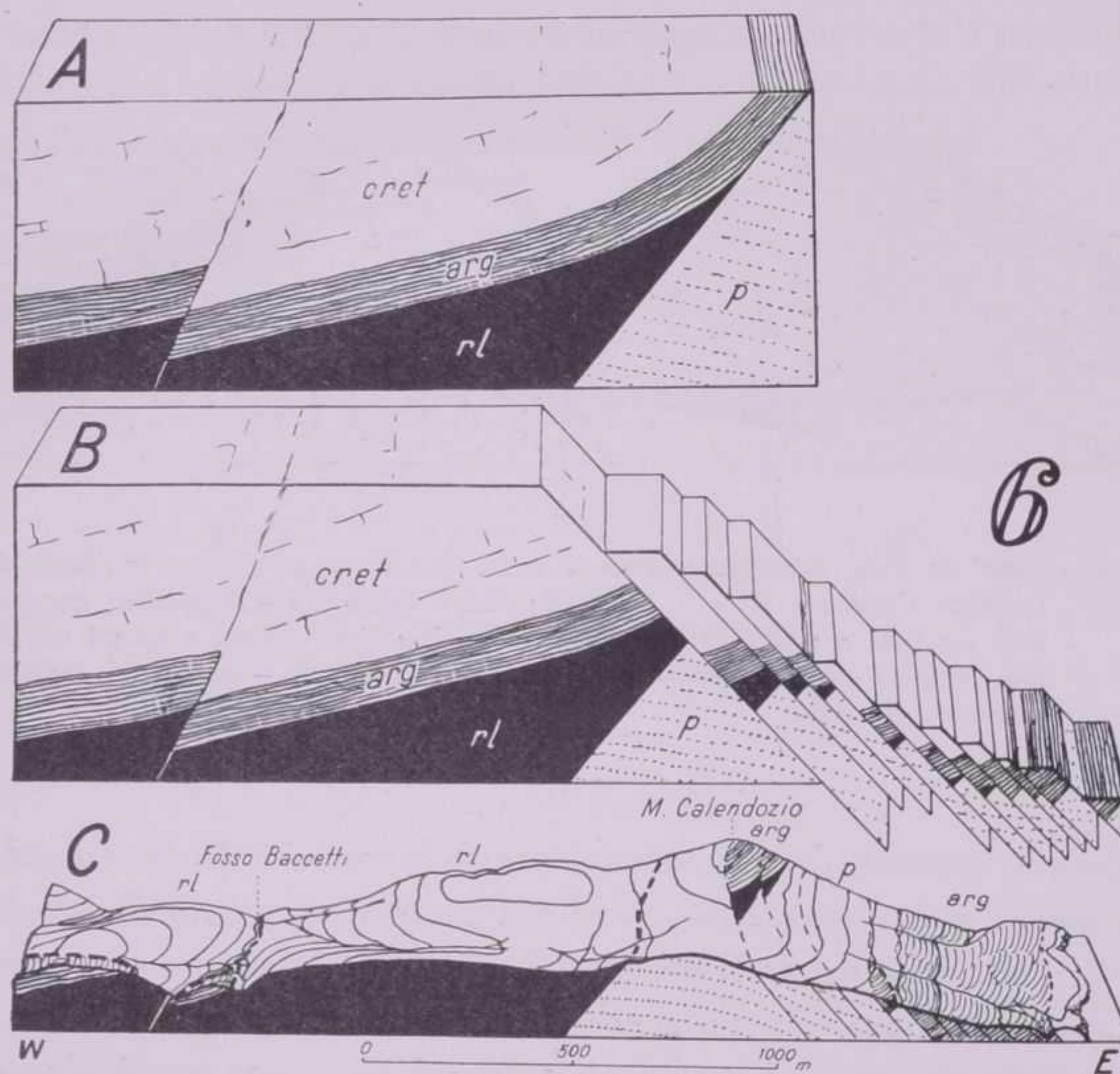


FIG. 15. - Stereogramma della zona del M. Calendozio. Complesso IV: *cret* = calci del Cretaceo; *arg* = argille variegate e scagliose con pietre verdi. Complesso III: *rl* = calci retici e liassici; *p* = arenarie permiche.
A è la ricostruzione ideale schematica dei terreni prima che si formassero le faglie dirette; B è lo stesso blocco deformato dalla gradinata di faglie dirette; C è lo stesso con la superficie topografica reale.

avvenuto alla base dei calcari, testimoniato dalla discordanza angolare alla base dei calcari stessi e dalle argille scagliose con lame di serpentina e diaspri immediatamente sottostanti. La superficie tettonica inferiore, quella cioè che nel disegno separa il complesso III dal IV a può essere stata sede di movimento molto minore, benchè nel promontorio di Capo Castello sia a sua volta segnata da una lama di serpentina.

Qualunque sia il valore che si vuole attribuire alle superfici di scorrimento è notevole il loro andamento: esse hanno un andamento generale che, salvo particolari, è quasi parallelo; sono curve, a guisa di anticlinale con asse poco discosto dalla direzione nord-sud. Riprendendo alcune considerazioni ipotetiche già formulate in precedenza a proposito dei piani di scorrimento immersi a est e a ovest, qui si osserva una superficie continua curva che si immerge a ovest e a est. L'ipotesi più semplice per rendersi conto della genesi d'una struttura di questo tipo consiste nell'ammettere che la

superficie (o le superfici) di scorrimento è stata deformata, cioè piegata ad anticlinale, dopo lo scorrimento dei complessi alloctoni.

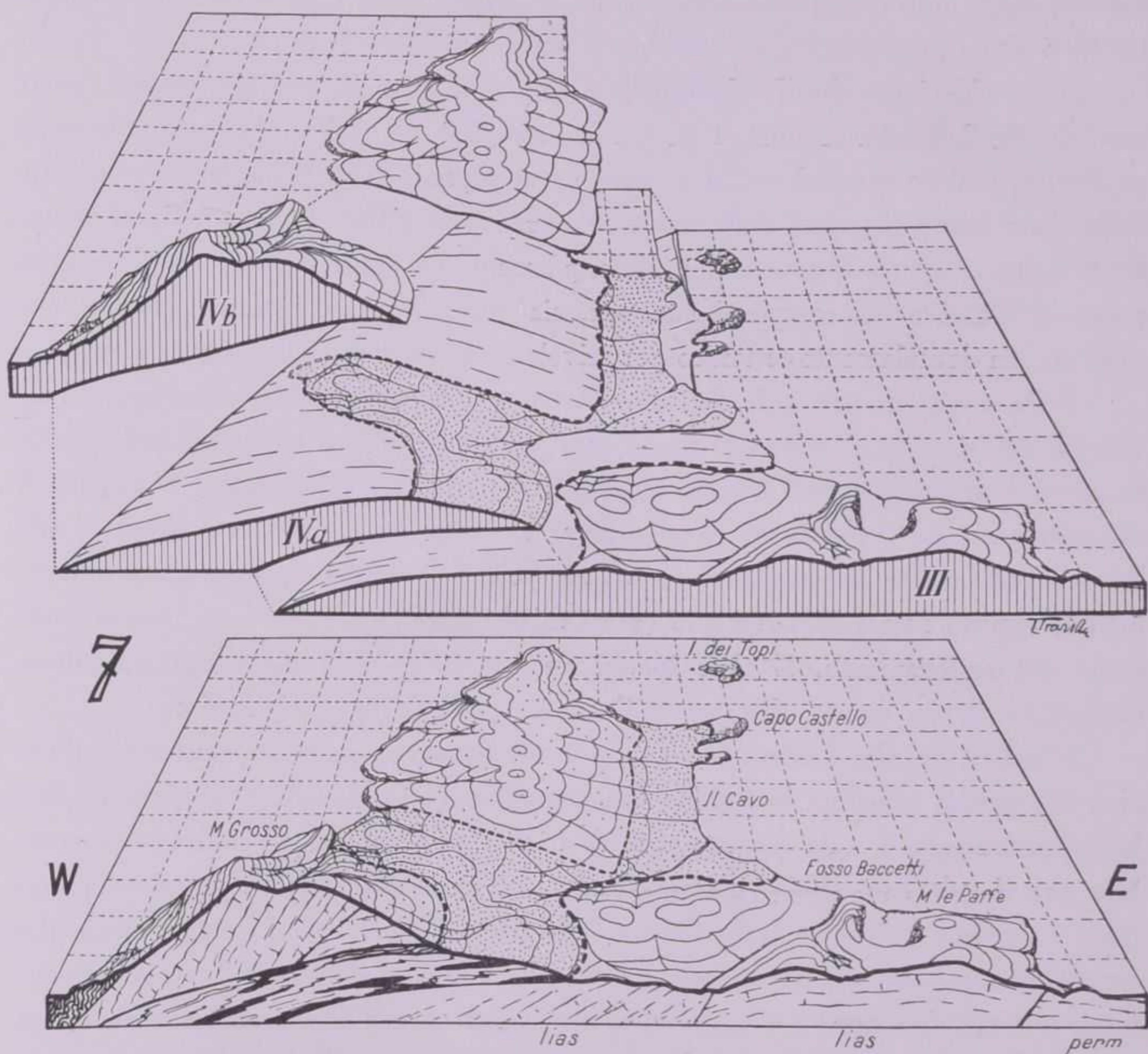


FIG. 16. - L'estremità nord dell'Elba. Il complesso IV è suddiviso come nello stereogramma n. 6.

Considerazioni generali e rapporti con la intrusione granitica.

Dalle considerazioni svolte finora risulta che nell'Elba orientale si può parlare di una infrastruttura (corrispondente al complesso I) e di una soprastruttura (corrispondente ai complessi II, III, IV e V).

L'infrastruttura ha un andamento estremamente semplice ed è separata dalla soprastruttura da una superficie non concordante con l'andamento degli strati e delle formazioni. La soprastruttura è data da quattro complessi alloctoni, in alcuni luoghi certamente senza radici; in altri luoghi la mancanza di radici è presumibile.

La soprastruttura ha nell'insieme uno stile tettonico nel quale si associano stiramenti e scomparsa di strati e di formazioni con accavallamenti, scaglie imbricate e ripetizioni di serie. Questo stile, che sembra paradossale per l'associazione di meccanismi di compressione con meccanismi di distensione, si spiega come risultato di un movimento di traslazione prevalentemente orizzontale, avvenuto sotto non grande carico: è

quindi naturale immaginare che si tratti di scivolamento gravitativo. Si può pensare che nelle prime fasi del movimento la pila normale degli strati della geosinclinale si sia smembrata lungo le superfici più plastiche; in un secondo tempo, cioè alla fine del movimento, e quindi approssimativamente nei luoghi dove oggi si trovano, i singoli lembi si siano parzialmente riaccavallati e imbricati gli uni sugli altri.

Se consideriamo che il substrato autoctono è di età molto antica, e che nella parte meridionale dell'Elba orientale i terreni dei complessi IV e V poggiano direttamente su di esso, si deve concludere che le lacune sono enormi; cioè le masse rocciose asportate dalla zona erano maggiori delle masse alloctone sopraggiunte e fermatesi sul posto. Resta tuttavia aperto il problema se il denudamento del substrato autoctono, avvenuto prima dell'arrivo dei complessi alloctoni, sia attribuibile alla normale erosione oppure sia un denudamento tettonico per scivolamento verso est della normale serie.

Nella zona sud-orientale dell'Elba il denudamento è massimo e massima è l'altezza a cui si trova il substrato autoctono. Qual'è la relazione tra i due fatti? Quale la causa e quale l'effetto? Il sollevamento ha determinato il denudamento oppure il denudamento ha determinato successivamente (si può far intervenire l'isostasi) il sollevamento? Le due ipotesi non si escludono, poiché si potrebbe pensare a un sollevamento, seguito da un denudamento (di qualsiasi natura), e poi ancora da una continuazione del sollevamento. E altre ipotesi ancora sono possibili, ma disgraziatamente si entrerebbe in un campo che supera il teorico per entrare nel fantastico.

L'ipotesi di sollevamento (o comunque movimento del substrato) posteriore all'arrivo dei terreni alloctoni ha qualche argomentazione a suo favore. Se ammettiamo che la soprastruttura è stata soggetta a scivolamento gravitativo, siamo costretti ad ammettere che il substrato abbia subito deformazioni posteriori: una deformazione posteriore è documentata dalle faglie dirette della costa orientale. Queste faglie hanno determinato uno sprofondamento relativo della zona che oggi costituisce il canale di Piombino; tale sprofondamento e il sollevamento (relativo) dell'Elba orientale secondo un asse nord-sud e in forma approssimativamente di una anticlinale possono essere due aspetti complementari di uno stesso fenomeno tettonico.

Inoltre si può osservare che lo stile tettonico delle soprastrutture non presenta differenze sostanziali a oriente e a occidente. Se l'incurvamento ad anticlinale del substrato fosse precedente, le strutture dei terreni alloctoni sui due fianchi dovrebbero essere ragionevolmente diverse.

Ma c'è un altro aspetto della tettonica della soprastruttura che merita di essere preso in considerazione: il fatto che ogni complesso termina a becco di flauto verso ovest, mentre gli strati di tutti i complessi si immergono nell'insieme verso ovest, dando l'impressione, a prima vista, di un monotono motivo monoclinale generale.

Un tentativo di spiegare tutti i fatti fin qui considerati è espresso schematicamente dalla fig. 17.

Nella parte sinistra della figura è rappresentata una serie regolare di formazioni dallo gneiss del Calamita al Flysch oligocenico. Nel disegno stesso sono indicate quelle parti, che, con lo smembramento tettonico, hanno poi formato i vari complessi che sono stati descritti. Che si trattasse di una serie originariamente unica è abbastanza naturale; infatti lo smembramento che ha dato origine ai vari complessi è avvenuto in

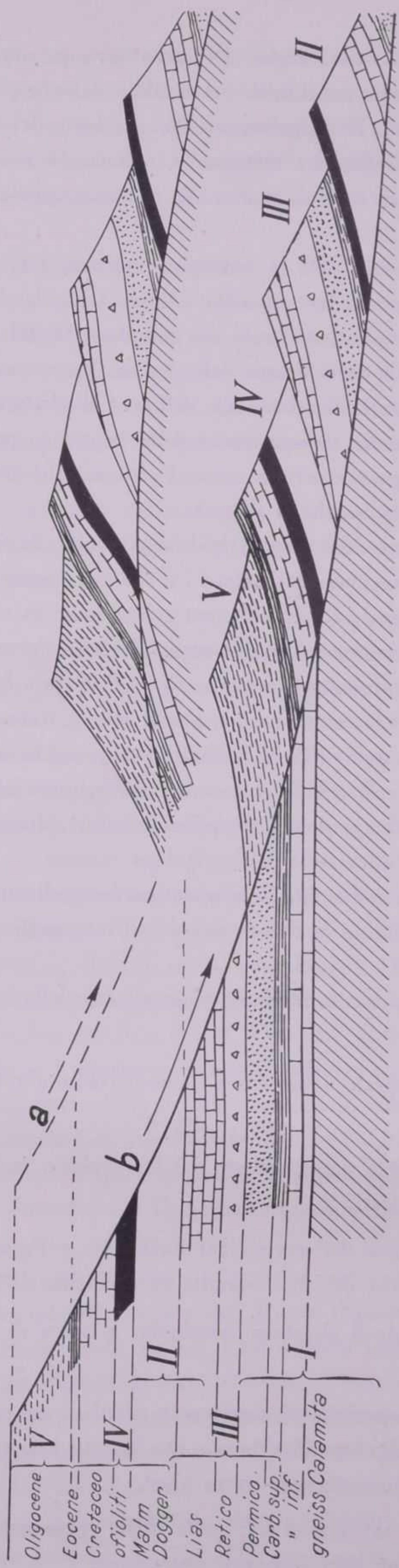


Fig. 17. - Schema del supposto scivolamento gravitativo e della disposizione imbricata dei complessi della soprastruttura, a partire da una serie geosinclinale unica (metà sinistra della figura). In un secondo tempo la parte corrispondente alla metà sinistra della figura sarebbe sprofondata, e la parte destra rimasta emersa con la deformazione rappresentata nello schizzo a destra a destra in alto. Questo schizzo corrisponde allo schema generale dell'Elba orientale.

corrispondenza esatta dei livelli plastici: argille del Carbonico sup., argille del Giurese, serpentina, argille del Flysch. Sulla continuità presumibile del complesso III col IV è già stato accennato. Il complesso II rappresenterebbe l'insieme del complesso III e IV, laminato con la scomparsa di qualche termine, e metamorfosato. L'unica differenza sarebbe la presenza alla sua base di porfiroidi, che non appaiono nel Permico non metamorfico.

Dalla originaria serie di geosinclinale si immagina staccata una immensa zolla, lungo una superficie indicata con una freccia nella sezione. La zolla staccata si smembra lungo le superfici di maggiore plasticità, cioè nei complessi II, III, IV, V, che poi si riaccavallano parzialmente nella metà destra della figura. Un successivo sprofondamento della parte a sinistra porta alla sommersione dell'area di distacco della zolla e nello stesso tempo determina quella deformazione della superficie principale di scivolamento per cui oggi essa appare convessa verso l'alto anzichè concava, come le normali nicchie di frana. (Schizzo in alto a destra).

Questo meccanismo di distacco deve essersi ripetuto più volte: la situazione di partenza per il caso schematico immaginato nella fig. 17 è che già si fosse staccata almeno una zolla precedente, scorsa lungo la superficie tratteggiata indicata con la freccia *a*. Altro distacco deve poi essere avvenuto lungo la superficie *b* per formare il corpo dell'Elba centrale, che è costituito dai due complessi IV e V. Si può inoltre formulare l'ipotesi che la struttura sommersa, con asse nord sud, che si trova immediatamente a ovest del M. Capanne, e della quale l'Isola di Pianosa rappresenta una parte ancora emersa, sia l'orlo della zona della Tirrenide che non è stato intaccato da distacco di zolle. Infatti nell'Isola di Pianosa appaiono formazioni tabulari plioceniche e quaternarie che non esistono in alcun'altra isola dell'arcipelago toscano.

Lo schizzo in alto a destra nella fig. 17 schematizza le condizioni strutturali dell'Elba orientale, trascurando soltanto le deformazioni nell'interno di ogni singolo complesso alloctono.

L'ipotesi dello scivolamento con le modalità schematizzate della fig. 18 rende conto dei seguenti fatti:

1. Del denudamento del substrato (complesso I) che pertanto avrebbe significato di denudamento tettonico.
2. Del fatto che la superficie di denudamento del I complesso taglia obliquamente le varie formazioni e gli strati.
3. Della presenza e disposizione dei terreni del Carbonico e Permico nel versante occidentale del promontorio del M. Calamita (a occidente di Capoliveri).
4. Del fatto che i vari complessi alloctoni terminano a becco di flauto verso ovest.
5. Del fatto che anche la superficie di scorrimento alla base dei complessi alloctoni è tagliata obliquamente alla stratificazione e che in tutti i complessi alloctoni la stratificazione ha immersione generale verso ovest.
6. Dello stile generale della soprastruttura, nella quale sono associate dislocazioni indicanti compressione, con altre indicanti distensione.

Già in un breve articolo del 1946 [54] avevo accennato al fatto che l'Elba appare come area di denudamento tettonico e che quei terreni alloctoni che nella Toscana continentale risultano sovrapposti alla serie locale autoctona spesso completa, all'Elba risultano riposanti su terreni molto antichi, con l'interposizione di una grandissima lacuna che poteva interpretarsi come il risultato di un grande scivolamento dovuto alla gravità.

Secondo quest'ipotesi i terreni alloctoni dell'Elba hanno compiuto un breve cammino da ovest verso est; è probabile invece che i materiali di cui l'Elba è stata denudata tettonicamente abbiano compiuto un maggiore cammino verso est; in questo senso l'Elba rappresenta un frammento dell'area che ha fornito la massa del materiale che nel continente costituisce la coltre delle « argille scagliose ofiolitifere ».

Sull'età dei movimenti tettonici si possono svolgere alcune considerazioni d'ordine generale, specialmente in rapporto con l'intrusione granitica del M. Capanne.

I vari complessi della soprastruttura sono arrivati evidentemente nell'ordine in cui si vedono sovrapposti, cioè nell'ordine in cui sono stati numerati. Ultimo è il V che porta con sé le tracce di un avvenimento nuovo: i filoni di porfido granitico, propagini staccate dell'intrusione granitica dell'Elba occidentale (M. Capanne). Le correlazioni tra fasi tettoniche ed evoluzione della massa granitica possono così riassumersi, cominciando dagli avvenimenti più recenti e retrocedendo nel tempo:

Mineralizzazioni di tipo idrotermale connesse con le faglie dirette della fase tettonica tardiva (posteriore agli scivolamenti). Tra queste manifestazioni si può ricordare la massa lenticolare di pirrotina poco a sud di Rio Marina, che indica mineralizzazione a temperatura più elevata delle altre (pirite e ossidi), e quindi o precedente o più profonda.

Il complesso V è attraversato da filoni di porfido granitico e aplítico. È già stato osservato che nei dintorni di Marina di Campo (Elba occidentale) i filoni sono di intrusione sintettonica. Il fatto che il complesso V (Flysch) ha subito un debolissimo metamorfismo soltanto nelle parti al contatto coi filoni, ma non ha risentito del metamorfismo della cupola granitica del M. Capanne induce a ritenere che il movimento di questo complesso è avvenuto in una fase in cui si iniettavano porfidi e porfidi aplítici, ma la massa principale di granito era già notevolmente raffreddata. Poste queste premesse risulta che la fase ascensionale della cupola granitica può corrispondere approssimativamente nel tempo alle fasi di movimento dei complessi II, III e IV. Non è escluso che il metamorfismo e la tormalinizzazione del complesso II e il metamorfismo termico crescente verso sud del complesso IV non siano acquisiti nel posto dove oggi si trovano, ma siano stati acquisiti nel luogo di partenza oppure durante il movimento.

L'età dell'intrusione granitica del Monte Capanne è argomento controverso sul quale sono state emesse molte ipotesi. I più recenti scritti in proposito sono quelli di ALOISI [5, 6] e DE WIJKERSLOOTH [56]. Che l'intrusione sia di età terziaria era già stato affermato fin dal 1833 dal SAVI. Tralasciando antiche opinioni che tendevano a ritenere antico il granito e terziario soltanto il porfido, già nel 1886 il LOTTI concludeva che: « Il granito dell'Elba e le sue varietà porfiriche, non che i graniti delle altre isole tirreniche e di Gavorrano non hanno dunque maggiore antichità di quella del sollevamento appenninico posteocenico che ebbe luogo verosimilmente tra la fine dell'Eocene

e il principio del Miocene ». Nel 1910 lo stesso LOTTI aggiunse molte altre considerazioni sull'età del granito e dei porfidi elbani [34], in un capitolo intitolato: « Rocce granitiche porfiriche e trachitiche del Miocene medio ». Tuttavia nel testo le sue argomentazioni portano alla conclusione che si tratta di intrusioni posteoceniche. Il DE WIJKERSLOOTH [56], basandosi sulle faune nummulitiche della zona, già note al LOTTI, concluse che il granito elbano e le apliti connesse sono del Priaboniano medio. L'ALOISI [5, 6] ritenne di dover determinare un'età preeocenica, probabilmente cretacea. Oggi le argomentazioni dei due precedenti autori cadono, per due motivi, uno di ordine paleontologico, uno di ordine tettonico. Le faune nummulitiche dell'Elba sono faune rimaneggiate di microbrecce, come quelle analoghe della Toscana continentale. È estremamente probabile che anche le microbrecce elbane, associate al complesso V, che è il corrispondente del complesso del « macigno », appartengano all'Oligocene, e forse anche ai termini inferiori del Miocene. Anche prescindendo dall'età della roccia una considerazione di ordine tettonico viene a cambiare i termini della questione: il complesso V non è autoctono o neoauctotono, come finora si è ritenuto, ma, anche nei dintorni del M. Capanne, è evidentemente scivolato sopra il complesso ofiolitifero dell'anello metamorfico del M. Capanne stesso. Il fatto che non sia metamorfico pertanto indica che la fase tettonica del suo movimento è posteriore all'intrusione granitica. A Fetovaia, dove calcarri nummulitici sono metamorfosati (non è ancora ben definito se dal porfido o dal granito), la tettonica del complesso è dunque contemporanea o al granito o al porfido.

Pertanto l'unica conclusione che si può trarre dalle attuali conoscenze è che l'intrusione granitica è stata nel suo insieme contemporanea alla tettonica, che la fase di intrusione dei filoni di porfidi e di porfidi aplitici è contemporanea al movimento del complesso V, cioè all'ultimo dei complessi che hanno subìto una traslazione con grande componente orizzontale. L'età della tettonica è con tutta probabilità miocenica, poichè il complesso V appartiene, come si è visto, probabilmente all'Oligocene e forse anche al Miocene inferiore.

Pisa, Istituto di Geologia e Paleontologia, giugno 1950.

BIBLIOGRAFIA

(Elba orientale)

- [1] ALOISI P., *Rocce granitiche negli scisti della parte orientale dell'Isola d'Elba*. Atti Soc. Toscana di Scienze Nat. Mem., vol. XXVI. Pisa 1910.
- [2] ALOISI P., *Escursioni nell'Isola d'Elba eseguite dalla Società Geologica Italiana*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXIX. Roma 1910.
- [3] ALOISI P., *Le così dette miloniti dell'Isola d'Elba*. Atti Soc. Tosc. di Sc. Nat., Mem., vol. XXVII. Pisa 1911.
- [4] ALOISI P., *Nuove osservazioni sulle così dette miloniti elbane*. Ibidem, Proc. Verb., vol. XXIV. Pisa 1915.
- [5] ALOISI P., *Il Monte Capanne*, Nistri, Pisa 1919-20.
- [6] ALOISI P., *Questioni di geologia toscana, particolarmente elvana*. (Nota I e II), Rendic. R. Accad. dei Lincei, vol. XIX, ser. 6, 1° sem., fasc. 9. Roma 1934.
- [7] ARLT H. e KOENIGSBERGER J., *Ueber geologischen Beobachtungen auf der Insel Elba*. Zeitschr. d. D. Geol. Ges.; Monatsb. Bd. LXV, 1913. Berlin 1914.
- [8] BALDACCI L., *Le nuove ipotesi sulla struttura geologica dell'Elba*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXXIX, fasc. 3. Roma 1911.
- [9] BENOEO E., e TREVISAN L., *I lineamenti tettonici dell'Isola d'Elba*. Boll. R. Ufficio Geol. d'Italia, vol. LXVIII, parte I, nota I. Roma 1943.
- [10] BENOEO E., *Guida schematica alla geologia dell'Isola d'Elba*. Atti Congr. Minerario Ital. 1948. (Assoc. Mineraria Sarda).
- [11] BIANCHI E., *Alcuni effetti delle oscillazioni eustatiche del livello marino sulla morfologia dell'Elba orientale*. Atti Soc. Tosc. di Sc. Nat. Mem., vol. LII. Pisa 1943.
- [12] BRÖGGER W. C. e REUSCH H. H., *Pochi appunti sull'isola d'Elba*. Boll. R. Comit. geol. d'Italia, vol. VII. Roma 1876.
- [13] CADISCH J., *Zur Geologie der Insel Elba*. Verh. Naturf. Ges. Bd. 40, Basel 1929.
- [14] COCCHI I., *Descrizione geologica dell'Isola d'Elba*. Mem. per servire alla Carta Geol. d'Italia, vol. I. Roma 1871.
- [15] COLLET L. W. e PARÉJAS E., *Sur la présence de Crétacé supérieur dans une nappe alpine de l'Ile d'Elbe*. C. R. des Séances de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Genève, vol. LI, n. 2. Genève 1934.
- [16] COLLET L. W., *Sur une brèche nummulitique, à faciès Wildflysch, de l'Ile d'Elbe*. Ibidem. 1934.
- [17] COLLET L. W., *La Corse, l'Elbe et l'Apennin, du point de vue tectonique*. Bull. Soc. Géol. France, 5^e Série, t. VIII, n. 9. Paris 1938.
- [18] CORTESE E., *Le miniere di ferro dell'Elba*. Rassegna Mineraria, vol. XI, n. 3-8. Torino 1899.
- [19] DALMER K., *Die geologischen Verhältnisse der Insel Elba*. Zeitschr. f. Naturwissenschaft. Bd. LVII. Leipzig 1884.
- [20] DE COLLEGNO G., *Note sur l'île d'Elbe*. Bull. Soc. Géol. France, vol. V. Paris 1848.

- [21] DE LAUNAY L., *La Métallogénie de l'Italie et des regions avoisinantes. II. Note sur la Toscane minière et l'île d'Elbe.* Congr. Géol. Internat. C. R. Xe Sess. Mexico 1907.
- [22] DE STEFANI C., *Gli scisti paleozoici dell'Isola d'Elba.* Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XIII. Roma 1894.
- [23] DE STEFANI C., *Découverte d'une faune paléozoique à l'île d'Elbe.* Bull. Soc. Géol. France, vol. XXII. Paris 1894.
- [24] DE STEFANI C., *Fossili carboniferi dell'Isola d'Elba.* Palaeontographia Italica, vol. XXIII. Pisa 1917.
- [25] DE STEFANI C., *Fossili paleozoici dell'Isola d'Elba.* Rendic. R. Accad. dei Lincei. Roma 1914.
- [26] FABRI A., *Relazione sulle miniere di ferro dell'isola d'Elba.* Mem. Descrittive Carta Geol. d'Italia, vol. III. Roma 1887.
- [27] FUCINI A., *Studii geologici sul Monte Pisano.* Galàtola, Catania 1924-25.
- [28] FUNARO A., *Sulla composizione chimica di alcune rocce feldspatiche dell'Isola d'Elba.* Boll. R. Comit. Geol. d'Italia, vol. XVII, n. 9-10. Roma 1886.
- [29] LOTTI B., *Tagli geologici naturali dell'Isola d'Elba.* Ibidem. vol. XIV, n. 1. Roma 1883.
- [30] LOTTI B., *Carta geologica dell'isola d'Elba 1:25000.* R. Ufficio Geol. Roma 1884.
- [31] LOTTI B., *Descrizione geologica dell'Isola d'Elba.* Mem. descr. della Carta Geol. d'Italia, vol. II. Roma 1886.
- [32] LOTTI B., *Sui depositi ferriferi dell'Elba e della regione litoranea tosco-romana.* Rassegna mineraria, vol. XIV, n. 4. Torino 1901.
- [33] LOTTI B., *A proposito di una recente scoperta di minerali plumbo-argentiferi all'isola d'Elba.* Ibidem. vol. XXI, n. 16. Torino 1904.
- [34] LOTTI B., *Geologia della Toscana.* Mem. descr. della Carta Geol. d'Italia, vol. XIII, Roma 1910.
- [35] LOTTI B., *La riunione della Soc. Geol. Italiana a Portoferraio e l'ipotesi del Termier sulla tettonica dell'Isola d'Elba.* Boll. Comit. Geol. d'Italia, vol. XLI, n. 3. Roma 1910.
- [36] MATTEUCCI R. V., *Le rocce porfiriche dell'Isola d'Elba. Porfido granitico.* Atti Soc. Toscana di Sc. Nat. Mem., vol. XIV. Pisa 1895.
- [37] MATTEUCCI R. V., *Le rocce porfiriche dell'Isola d'Elba. Aplit porfirica.* Ibidem., vol. XVI. Pisa 1898.
- [38] MANASSE E., *Ricerche petrografiche e mineralogiche sul Monte Arco (Isola d'Elba).* Ibidem., vol. XXVIII. Pisa 1912.
- [39] MENEGHINI G., *Fossili siluriani dell'Isola d'Elba.* Ibidem. Proc. Verb., vol. III. Pisa 1883.
- [40] NOVARESE V., *Il presunto piano milonitico dell'Isola d'Elba.* Boll. R. Comit. Geol. d'Italia, vol. XLI, n. 3. Roma 1910.
- [41] PANTANELLI D., *Diaspri elbani.* Atti Soc. Toscana di Sc. Nat. Proc. Verb., vol. III. Pisa 1883.
- [42] RÜHL A., *Elba.* Zeitschr. di Gesell. f. Erdkunde zu Berlin. Berlin 1912.
- [43] SACCO F., *Rinvenimento di Fenestella all'Elba.* Boll. Soc. Geol. Ital., vol. XXXII. Roma 1913.
- [44] SAVI P. e MENEGHINI G., *Considerazioni sulla geologia stratificata della Toscana.* Firenze 1851.
- [45] SESTINI A., *Evoluzione morfologica della Toscana costiera.* Relazioni della XXVIII Riunione della SIPS, vol. III. Roma 1939.
- [46] STEINMANN G., *Ueber Tiefenabsätze der Oberjura im Apennin.* Geologische Rundschau 1913

- [47] STUDER B., *Sur la constitution géologique de l'Ile d'Elbe.* Bull. Soc. Géol. France, vol. XII. Paris 1841.
- [48] TEICHMÜLLER R., *Zur Geologie des Tyrrhenisgebiete.* Abhandl. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, n. 7. Berlin 1931.
- [49] TERMIER P., *Sur les nappes de l'Ile d'Elbe.* C. R. Acad. Sc. Paris, vol. CXLVIII. Paris 1909.
- [50] TERMIER P., *Sur les granites, les gneiss et les porphyres écrasés de l'île d'Elbe.* Ibidem., vol. CXLVIII. Paris 1909.
- [51] TERMIER P., *Sur les relations tectoniques de l'île d'Elbe avec la Corse.* Ibid., vol. CIL. Paris 1909.
- [52] TERMIER P., *Sur la tectonique de l'île d'Elbe.* Bull. Soc. Géol. France, vol. X (4^e série) 1910, fasc. 3-4. Paris 1910.
- [53] TERMIER P., *Sur les mylonites de l'île d'Elbe.* C. R. Acad. Sc. Paris, vol. CLII. Paris 1911.
- [54] TREVISAN L., *Nuovi orientamenti nello studio della tettonica.* « Historia Naturalis » anno I, n. 3. Roma 1946.
- [55] WIJKERSLOOTH (DE) P., *Die falschen und die wahren Mylonite des tertiären Granitcomplexes von Elba.* Proc. k. Akad. v. Wtsch., vol. XXXIV. Amsterdam 1931.
- [56] WIJKERSLOOTH (DE) P., *Bau und Entwicklung des Apennins besonders der Gebirge Toscanas.* Amsterdam 1934.

INDICE

RIASSUNTO	pag. 3
INTRODUZIONE	» 4
I. INTERPRETAZIONI TETTONICHE PRECEDENTI	» 5
II. DESCRIZIONE DEI TERRENI E DISCUSS. SULLA LORO ETA'	» 8
COMPLESSO I (autoctono): 1. <i>Gneiss del Calamita</i> . 2. <i>Marmi gialli e bianchi</i> . 3. <i>Micascisti, quarziti e anageniti di Barabarsca e Punta di Zuccale</i>	» 8
COMPLESSO II: 1. <i>Gneiss di Ortano e della bassa Valdana</i> . 2. <i>Serie dei cipollini e degli scisti lucenti</i>	» 10
COMPLESSO III: 1. <i>Argilloscisti e arenarie quarzitiche con anageniti (Carbonico e Permico)</i> . 2. <i>Calcaro neri e cavernosi del Retico</i> . 3. <i>Calcaro del Lias</i>	» 12
COMPLESSO IV: 1. <i>Argille variegate</i> . 2. <i>Argille scagliose, con intercalazioni di calcare « palombino »</i> . 3. <i>Serpentina, eufotide, diabase</i> . 4. <i>Diaspri</i> . 5. <i>Calcaro grigi e biancastri con interstrati marnosi</i> . 6. <i>Marna rossa tipo « scaglia »</i>	» 13
COMPLESSO V: 1. <i>Flysch</i>	» 16
III. TETTONICA ELEMENTARE DEI SINGOLI COMPLESSI	» 16
IV. TETTONICA GENERALE E SUOI PROBLEMI	» 22
Esame dei luoghi più significativi	» 22
Considerazioni generali e rapporti con l'intrusione granitica	» 31
BIBLIOGRAFIA (Elba orientale)	» 37

