

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA



Q: ADRO D'UNIONE, DEI FOGLI AL 100.000



MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO  
DIREZIONE GENERALE DELLE MINIERE  
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

NOTE ILLUSTRATIVE  
della  
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1 : 100.000

FOGLIO 119

**MASSA MARITTIMA**

G. P. BRANDI L. DALLAN A. LAZZAROTTO  
R. MAZZANTI P. SQUARCI L. TAFI L. TRIVISAN



GRUPPO EDITORIALE CARLO ERBA  
G. E. C.  
ROMA 1968



MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO  
DIREZIONE GENERALE DELLE MINIERE  
**SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA**

---

---

NOTE ILLUSTRATIVE  
della  
**CARTA GEOLOGICA D'ITALIA**

ALLA SCALA 1 : 100.000

FOGLIO 119

**MASSA MARITTIMA**

G. P. BRANDI L. DALLAN A. LAZZAROTTO  
R. MAZZANTI P. SQUARCI L. TAFFI L. TREVISAN



GRAFICA EDITORIALE CARTOGRAFICA  
G.E.C.  
ROMA 1968

## SOMMARIO

I - INTRODUZIONE . . . . .	pag. 9
II - CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE . . . . .	» 11
III - SGUARDO GEOLOGICO D'INSIEME . . . . .	» 13
IV - STRATIGRAFIA . . . . .	» 18
A - FORMAZIONI DI TIPO TOSCANO . . . . .	» 18
a) <i>Formazioni non affioranti</i> . . . . .	» 18
b) <i>Formazioni affioranti</i> . . . . .	» 18
1) Scisti filladici e quarziti («Verrucano») . . . . .	» 18
2) Anidrite e dolomia nera a strati alterni - Calcari neri brecciati e calcari cavernosi . . . . .	» 19
3) Calcari neri stratificati . . . . .	» 19
4) Calcari massicci . . . . .	» 20
5) Calcari rossi ammonitici . . . . .	» 21
6) Calcari grigi stratificati con liste e noduli di selce . . . . .	» 21
7) Marne e calcari marnosi con <i>Posidonia alpina</i> (GRAS) . . . . .	» 22
8) Radiolariti . . . . .	» 22
9) Scisti argillosi policromi con intercalazioni di calcareniti a Nummuliti . . . . .	» 23
10) «Macigno» . . . . .	» 23
B - GRUPPO DELL'ALBERESE . . . . .	» 24
1) Argille siltose grigio scure con intercalazioni calcaree ed arenaree . . . . .	» 24
2) Calcari compatti grigio chiari e calcareniti . . . . .	» 25
C - GRUPPO DEL FLYSCH CRETACICO . . . . .	» 25
1) Argille siltose grigio scure con intercalazioni calcaree . . . . .	» 25
2) Flysch calcareo-marnoso . . . . .	» 26
D - COMPLESSO DELLE ARGILLE SCAGLIOSE OFIOLITIFERE . . . . .	» 26
1) Serpentine . . . . .	» 26
2) Gabbri . . . . .	» 26
3) Gabbri con filoni di porfirite diabasica . . . . .	» 26
4) Diabasi e porfiriti diaboliche . . . . .	» 26

5) Radiolariti . . . . .	pag. 26
6) Calcari grigio chiari o rosei con Calpionelle . . . . .	" 26
7) Argilloscisti siltosi («galestri») con calcari silicei («pallombini») . . . . .	" 27
8) Argille siltose con rare intercalazioni di calcari e calcareniti, marne e arenarie . . . . .	" 27
9) Formazione di Lanciata . . . . .	" 28
10) Breccie sedimentarie poligeniche . . . . .	" 30
<b>E - DEPOSITI NEOGENICI</b> . . . . .	" 30
a) <i>Depositi lacustri del Miocene superiore</i> . . . . .	" 32
1) Conglomerati lacustri ad elementi ofiolitici di colore rossastro, sporadici livelli di argille e di marne con opercoli di <i>Bithynia</i> . . . . .	" 32
2) Argille spesso lignitifere d'ambiente lacustre con livelli di sabbie e marne arenacee con <i>Bithynia</i> , Congerie e Ostracodi . . . . .	" 33
b) <i>Depositi marini ed evaporitici del Miocene superiore</i> . . . . .	" 33
1) Argille a <i>Pycnodonta navicularis</i> (BROCCHI) . . . . .	" 33
2) Gessi e lenti di salgemma, argille marnose, sabbie e conglomerati . . . . .	" 34
3) Gessi, argille, arenarie friabili e conglomerati con ciottoli di apfite porfirica, porfido granitico e gesso . . . . .	" 34
4) Conglomerati ad elementi prevalenti della serie ofiolitifera: piccoli noduli di gesso . . . . .	" 35
5) Conglomerati poligenici di Montebamboli . . . . .	" 35
c) <i>Depositi marini del Pliocene</i> . . . . .	" 36
1) Calcari detritico-organogeni e sabbie con fossili marini . . . . .	" 36
2) Argille azzurre marine con <i>Pycnodonta navicularis</i> (BROCCHI) . . . . .	" 37
3) Conglomerati e lenti di argille con fossili marini . . . . .	" 37
4) Conglomerati poligenici di Serrazzano . . . . .	" 38
5) Alternanze di sabbie e argille . . . . .	" 38
6) Frane sinsedimentarie . . . . .	" 38
d) <i>Depositi continentali del Pliocene superiore</i> . . . . .	" 39
1) Argille carboniose con <i>Melanopsis</i> . . . . .	" 39
2) Travertini . . . . .	" 39
<b>F - DEPOSITI QUATERNARI</b> . . . . .	" 39
1) Sabbie arrossate e ciottoli . . . . .	" 39
2) Sabbie giallastre, rossastre e ciottoli d'ambiente continentale . . . . .	" 39
3) Dune cementate rossastre . . . . .	" 40
4) Depositi alluvionali terrazzati . . . . .	" 40
5) Dune attuali e recenti . . . . .	" 40
6) Depositi alluvionali attuali e recenti . . . . .	" 40
7) Spiagge di sabbia attuale . . . . .	" 40
8) Coperture detritiche . . . . .	" 40

<b>G - ROCCE IGNEE</b> . . . . .	pag. 40
1) Granodiorite albitizzata . . . . .	" 40
2) Filoni di porfido granitico a cordierite, filoni di porfido augitico e skarn . . . . .	" 40
3) Ignimbriti, reoignimbriti e colate di lava riolitica a cordierite . . . . .	" 41
4) Filoni idrotermali . . . . .	" 41
<b>V - TETTONICA</b> . . . . .	" 42
<b>VI - MORFOLOGIA</b> . . . . .	" 49
<b>VII - GEOLOGIA APPLICATA</b> . . . . .	" 52
1) Cave . . . . .	" 52
2) Miniere . . . . .	" 52
3) Soffioni . . . . .	" 55
4) Idrologia . . . . .	" 56
5) Sorgenti minerali e termominerali . . . . .	" 58
6) Frane . . . . .	" 59
<b>VIII - BIBLIOGRAFIA</b> . . . . .	" 61

## I - INTRODUZIONE

La nuova carta geologica del foglio 119 - Massa Marittima, che segue a oltre 60 anni di distanza la precedente, è opera di G. P. BRANDI, P. SQUARCI, L. TAFFI con la collaborazione di E. GIANNINI, A. LAZZAROTTO, R. MAZZANTI e M. TONGIORGI. L. DALLAN ha eseguito campionature e studi micropaleontologici per le datazioni. I collaboratori avevano già iniziato rilevamenti nell'area del foglio prima che fosse assegnato a L. TREVISAN (Direttore dell'Istituto di Geologia dell'Università di Pisa) l'incarico di dirigere il nuovo rilevamento. Tali studi precedenti sono stati completamente riveduti e aggiornati affinché armonizzassero coi nuovi e tutto l'insieme esprimesse lo stato attuale delle conoscenze in un'area molto complessa e di grande interesse scientifico e minerario.

La carta è stata rilevata col criterio di distinguere con un colore, accompagnato da una sigla, ogni formazione o membro di una formazione. Di queste unità litostratigrafiche sono indicate le età.

I limiti tra formazioni facenti parte di una serie sedimentaria non sempre rappresentano un cambiamento litologico sincrono in tutta l'area in cui le formazioni si estendono, ma possono rappresentare un cambiamento che nell'area stessa è avvenuto attraverso tempi di varia durata.

Le faglie sono indicate con un segno apposito; i contatti tettonici di natura diversa (accavallamento di unità differenti, contatti anormali dovuti a scomparsa di parti o di intere formazioni per laminazione tettonica) sono indicati con lo stesso segno che indica i contatti tra formazioni in normale successione sedimentaria, perché la scala al 100.000 non consente, specialmente in aree strutturalmente molto frammentate, di intro-

durre tali distinzioni. Le sezioni e lo schizzo tettonico possono dare un'idea dei rapporti di posizione geometrica tra le diverse unità.

I rilevamenti sono stati eseguiti sulle tavolette al 25.000 dell'I.G.M.; nella trascrizione alla scala di 1.100.000 alcune suddivisioni hanno dovuto essere tralasciate.

## II - CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE PRECEDENTI

La monografia di B. LOTTI «*Descrizione geologico-mineraria dei dintorni di Massa Marittima*» (1893) è il primo lavoro nel quale la geologia dell'area di Massa Marittima venne descritta con dettaglio e al tempo stesso con un tentativo di sintesi. Ivi (pag. 13) sono riportate le indicazioni bibliografiche degli autori che in precedenza trattarono sommariamente della zona, specialmente dal punto di vista minerario. La carta geologica al 50.000, allegata alla monografia, distingueva 28 tipi di terreni diversi, testimoniando così già da allora la complessità delle condizioni geologiche.

Il foglio Massa Marittima, rilevato dal 1885 al 1887 da B. LOTTI, fu pubblicato nel 1906 e per molti anni costituì la base delle conoscenze della zona, unitamente al volume «*Geologia della Toscana*» (B. LOTTI, 1910).

Nel 1955 la monografia di E. GIANNINI «*Geologia dei Monti di Campiglia Marittima*» con carta geologica al 25.000 porta un contributo fondamentale a una parte dell'area del foglio, di particolare interesse sia per la tettonica sia per i giacimenti minerari collegati alle manifestazioni magmatiche. Nello stesso anno viene pubblicato postumo lo studio di A. STELLA sulla miniera di stagno di M. Valerio, con aggiornamenti di G. DESSAU e L. TREVISAN.

Negli anni seguenti il Centro di Studi per la Geologia dell'Appennino del C.N.R. ha approfondito lo studio di quei complessi che nella carta del LOTTI erano indicati genericamente come «*calcari marnosi (alberesi) e scisti argillosi con masse ofiolitiche (e<sup>2</sup>)*» e che successiva-

mente erano stati denominati «argille scagliose» in senso lato. Sulla base di questi studi, condotti in gran parte della Toscana e dell'Appennino settentrionale, nella presente edizione della carta geologica anche le «argille scagliose» dell'area del foglio di Massa Marittima hanno potuto essere suddivise in tre gruppi di formazioni, tutti alloctoni, separati da superfici di scivolamento tettonico.

Così vaste aree attribuite da B. LOTTI all'Eocene (e<sup>2</sup>) sono risultate invece di età cretacea, documentata dalle microfaune ottenute da numerosissime campionature.

Tra i lavori più recenti sono particolarmente significativi, per l'analisi stratigrafica e la tettonica, quelli nei quali il nuovo rilevamento di dettaglio sul terreno è stato messo in relazione coi dati ottenuti dai numerosi sondaggi eseguiti per ricerca e utilizzazione del vapore.

I principali sono: R. CATALDI, G. STEFANI, M. TONGIORGI (1963); A. LAZZAROTTO, R. MAZZANTI (1966); R. MAZZANTI (1966); A. LAZZAROTTO (1967). Dovunque le strutture sono apparse molto complesse e improntate a forti disarmonie sia tra i gruppi di formazioni sia all'interno di essi.

Per la parte mineraria è da ricordare l'importante lavoro di S. OLIVERO, pure del 1963, sul giacimento di pirite del Ritorto, non lontano dalle maggiori miniere di Niccioleta e Boccheggiano.

### III - SGUARDO GEOLOGICO GENERALE

L'area del foglio Massa Marittima appartiene alla Catena Metallifera del SAVI, la quale, secondo i vecchi autori (C. DE STEFANI, D. ZACCAGNA, B. LOTTI) si differenziava dall'Appennino sia per l'ampiezza delle lacune stratigrafiche mesozoiche, sia per la direzione degli assi tettonici. Già LOTTI affermava che un limite netto non può essere posto; oggi una definizione geologica di Catena Metallifera non è in alcun modo sostenibile, né si può affermare che tale area abbia avuto un'evoluzione geologica particolare tale da caratterizzarla.

L'area del foglio presenta tuttavia alcuni caratteri, che, pur non essendo tutti esclusivi, contribuiscono a darle una fisionomia particolare. In primo luogo sono da ricordare le manifestazioni di vapore di Lardello, Castelnuovo, Monterotondo, Lagoni Rossi, Lago e Carboi. Singolare è anche il minuscolo affioramento di granito dei monti di Campiglia col suo corteo di filoni, con le ignimbriti riolitiche (trachite quarzifera dei vecchi autori) e con le masse di skarn al contatto con formazioni calcaree. Interessanti sono pure i giacimenti di solfuri dei dintorni di Massa Marittima.

I terreni affioranti si raggruppano in cinque successioni diverse; le prime quattro sono caratterizzate dal fatto che a unità cronologiche uguali corrispondono formazioni di facies diversa, che pertanto s'interpretano come formate in bacini di sedimentazione distinti.

La quinta successione comprende i terreni neoautoctoni, che si sono depositi dopo la fase tettonogenetica parossismale, ed iniziano coi depositi lacustri che hanno preceduto la trasgressione marina del Miocene superiore (Messiniano).

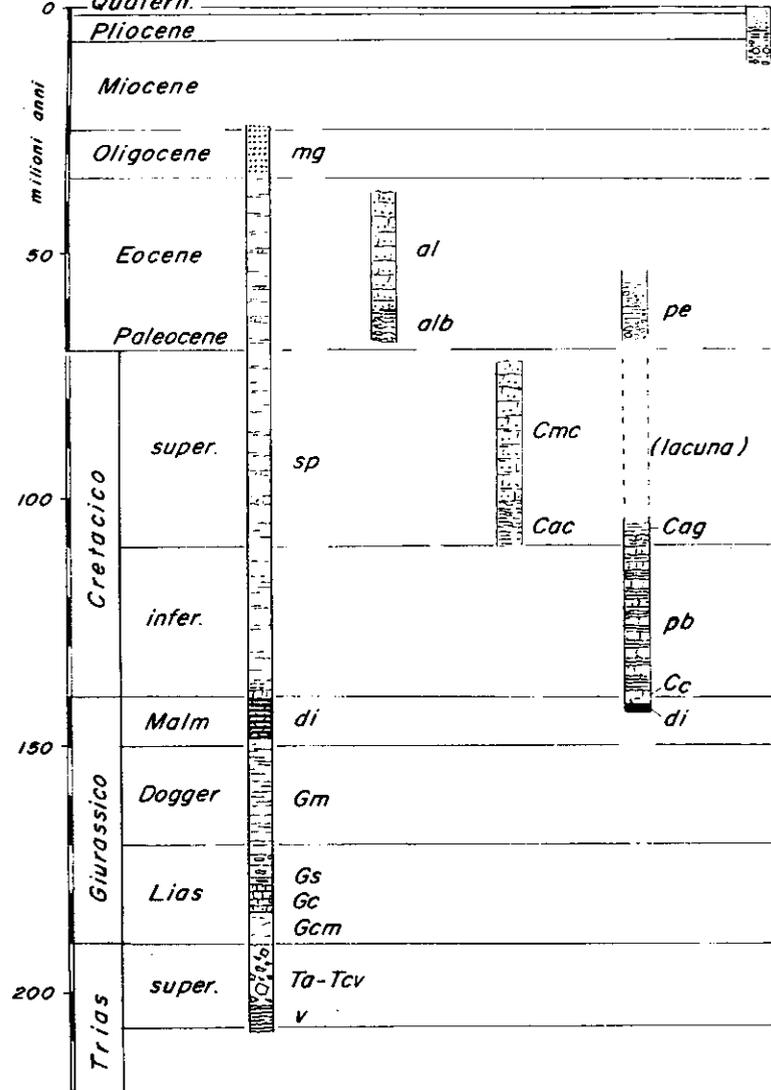


FIG. 1) Schema delle cinque successioni stratigrafiche affioranti nell'area del foglio 119-Massa Marittima e loro riferimento cronologico. Le altezze delle singole formazioni esprimono la durata nel tempo e non gli spessori.

A: Formazioni di tipo toscano; B: Gruppo dell'Alberese; C: Gruppo del Flysch cretaceo; D: Complesso delle argille scagliose ofiolitifere.

Le cinque successioni diverse si presentano sovrapposte nell'ordine rappresentato dalla fig. 1, leggendo da sinistra a destra: la serie toscana alla base, gli altri gruppi sovrapposti nell'ordine e separati da superfici di scorrimento tettonico (fig. 2).

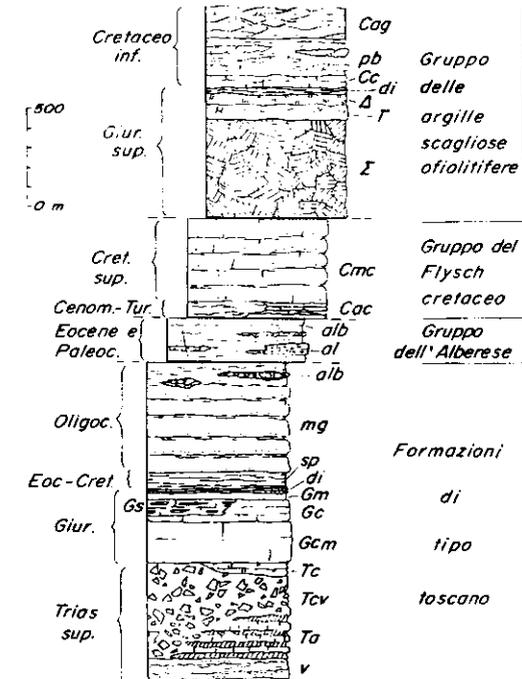


FIG. 2) Schema dei rapporti di sovrapposizione fra i gruppi di formazioni affioranti nel foglio 119-Massa Marittima.

Formazioni di tipo toscano: v, scisti filladici e quarziti («Verrucano»); Ta, anidrite e dolomia a strati alterni; Tcv, calcari neri brecciati e calcari cavernosi; Tc, calcari neri stratificati; Gcm, calcari massicci; Gc, calcari rossi ammonitici; Gs, calcari selciferi; Gm, marne e calcari marnosi con *Posidonia alpina*; di, radiolariti; sp, scisti argillosi policromi; mg, macigno. Gruppo dell'Alberese: alb, argille siltose con intercalazioni calcaree ed arenacee; al, calcari compatti grigio chiari e calcareniti. Gruppo del Flysch cretaceo: Cac, argille siltose con intercalazioni calcaree; Cmc, Flysch calcareo-marnoso. Complesso delle argille scagliose ofiolitifere: Δ, serpentine; P, gabbri; Δ, diabasi; di, radiolariti; Cc, calcari a Calpionelle; pb, argille siltose con calcari, calcareniti, marne ed arenarie a palombini; Cag, argille siltose grigio scure con rare intercalazioni di calcari.

La serie toscana si presenta continua fino al suo ultimo termine superiore (macigno) nei Monti di Campiglia, presso Monterotondo Marittimo e Castelnuovo Val di Cecina; altrove compare in forma di «serie ridotta», mancante cioè dei termini superiori, secondo quanto sarà esposto in seguito. Tale riduzione non viene più attribuita a erosione per emersione, ma a un tipo particolare di denudamento tettonico, cioè a una «sostituzione di copertura» dovuta a vasti movimenti tangenziali verso est.

La «formazione di Lanciaia», così denominata da R. SIGNORINI nel 1963, che si estende anche nel contiguo foglio Siena, ha la sua serie tipo nell'area del foglio Massa Marittima. È una formazione eterogenea nella quale abbondano breccie e conglomerati e che giace in discordanza sui vari terreni della serie ofiolitifera (fig. 3).

I terreni neoautoctoni hanno larga diffusione. Si possono riconoscere tre bacini che differiscono per alcuni caratteri: il bacino di Pomaranche, il bacino di Guardistallo - Montegemoli e il bacino di Serrazzano - Montebamboli - Casa Marsiliana. In quest'ultimo i terreni pliocenici

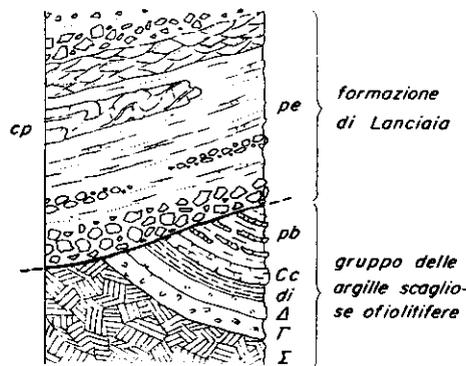


FIG. 3) Rappresentazione dei rapporti tra la formazione di Lanciaia ed il gruppo delle argille scagliose ofiolitiforme.

Σ, serpentine; P, gabbri; Δ, diabasi; di, radiolariti; Cc, calcari a Calcionelle; pb, argille a palombini; pe, formazione di Lanciaia; cp, membro del Podere Taucchi.

sono più estesi di quanto indicato nella carta del LOTTI, che li attribuiva in gran parte al Miocene. Mentre i depositi lacustri miocenici sono dappertutto simili, quelli del Messiniano differiscono indicando nei diversi bacini condizioni paleogeografiche diverse. I terreni evaporitici hanno maggiore sviluppo in Val di Cecina, dove contengono depositi di salgemma.

#### IV - STRATIGRAFIA

##### A — FORMAZIONI DI TIPO TOSCANO (SERIE TOSCANO)

###### a) Formazioni non affioranti

Un sondaggio profondo eseguito a Larderello entro il recinto della Società Larderello nel 1962 ha fornito conoscenze sui terreni sottostanti agli scisti e quarziti del Verrucano, che sono la formazione più antica esposta. Gli affioramenti noti, di piccola estensione, erano quelli di Frässine e di Casa Carone a sud di Massa Marittima; un terzo è stato di recente segnalato immediatamente a est di Castelnuovo Val di Cécina.

Il sondaggio ha attraversato il flysch cretaceo (Cmc) fino a m 347; da m 347 a 384 la formazione anidritica (Ta) e da m 384 fino a m 2800 un complesso scistoso arenaceo quarzítico, nel quale probabilmente soltanto la parte superiore, da m 384 a 493, rappresenta il Verrucano triasico. Infatti a m 493 è apparso uno scisto porfirico (o porfiroide), attribuibile al Permico, per analogia con quanto è esposto nel nucleo metamorfico delle Apuane. I livelli inferiori possono attribuirsi al Carbonifero, con qualche riserva per la difficile interpretazione di un orizzonte fortemente tettonizzato per scorrimento incontrato alla profondità di m 790.

Da m 1300 in poi aumenta il metamorfismo; la mica diventa di abito muscovitico, compare l'epidoto al posto della calcite, e da micascisti si passa a gneiss albitici debolmente grafitici.

###### b) Formazioni affioranti

###### 1) v: Scisti filladici e quarziti («Verrucano»).

Quarziti rosa, scisti quarzíticos e filladici sericitizzati di colore grigio-violaceo. Nella zona di Frässine questi tipi litologici appaiono in genera-

le fortemente alterati e sbiancati dalle azioni idrotermali «convertiti in allumite ed in parte silicizzati e caolinizzati» (B. LOTTI, 1910).

Per la posizione stratigrafica immediatamente sottostante i depositi evaporitici del Trias sup., e per analogia con la parte superiore della serie del «Verrucano tipico» del M. Pisano, questa formazione può essere attribuita al Carnico.

###### 2) Ta: Anidrite e dolomia nera a strati alterni.

Banchi di anidrite parzialmente o totalmente gessificata, a cui si alternano strati di dolomia grigio-scura, di spessore variabile da pochi centimetri a un metro circa, e strati di una breccia con frammenti di dolomia immersa in un cemento gessoso ed anidritico (A. LAZZAROTTO, 1967).

###### Tcv: Calcari neri brecciati e calcari cavernosi.

Nella zona di M. Valerio, a SW di Campiglia Marittima, si rinven-  
gono piccole placche di una breccia compatta ad elementi di calcari dolo-  
mitici «a cellette» sovrascorse o intercalate con il meccanismo degli oli-  
stostromi ad altre formazioni di tipo toscano (E. GIANNINI, 1955; E. GIAN-  
NINI, A. LAZZAROTTO, R. NARDI, 1967).

Per analogia con le corrispondenti formazioni affioranti in altre zone della Toscana e poiché nell'area del foglio, al tetto di questa formazione compaiono, seppure in minuscoli lembi laminati e frantumati, i «calcari neri e marne a *Rhaetavicula contorta* PORTLOCK», generalmente attribuiti al Retico, la formazione evaporitica può essere riferita al Norico-Retico (L. TREVISAN, 1955).

###### 3) Tc: Calcari neri stratificati.

Calcari scuri, talvolta leggermente marnosi, grossolanamente strati-  
ficati. All'esame microscopico questi calcari risultano detritico-organo-  
geni, pseudoolitici, con frammenti di alghe, foraminiferi, gasteropodi,  
lamellibranchi, resti di echinodermi etc... Tale microfacies è indica-  
tiva di un ambiente di sedimentazione in acque poco profonde e agitate  
(A. LAZZAROTTO, 1967).

Per l'aspetto litologico e per la posizione stratigrafica nella serie, questa formazione è corrispondente al calcare scuro di tipo «portoro» che viene generalmente riferito al passaggio Retico-Hettangiano.

#### 4) **Gcm:** *Calcarei massicci.*

Calcarei compatti a grana finissima, ceroidi e subsaccaroidi, grigio-scuro nei livelli inferiori, grigio-chiari, bianchi o rosei nei livelli superiori. La formazione si presenta massiccia con accenni di grossolana stratificazione nei livelli più alti.

Nel nucleo di Campiglia Marittima i calcari massicci vengono attribuiti al Lias inferiore per i reperti fossili citati in particolare da V. SIMONELLI (1883) nella zona di M. Calvi, e cioè tra i più importanti: *Chemnitzia pseudotumida* DE STEFANI, *Avicula deshayesi* TERQUEM, etc.

Nella parte più alta del M. Calvi è citato un ricco livello a brachiopodi, lamellibranchi e cefalopodi, con fauna attribuita da G. LEVI (1896) e da A. FUCINI (1896) al Lias inferiore-medio, fra cui citiamo: *Terebratula aspasia* MENEGHINI, *Avicula sinemuriensis* D'ORBIGNY, *Diotis janus* MENEGHINI, etc.

E. GIANNINI (1955) ritiene che in qualche zona la formazione dei calcari massicci possa quindi essere eteropica con i calcari stratificati rossi ad Ammoniti, che normalmente invece sono al suo tetto.

Nella zona di Poggio Mutti e delle Cornate di Gerfalco al tetto del calcare massiccio, B. LOTTI (1893, 1910) cita la presenza di una lumachella, nella quale furono determinate da G. DI STEFANO le seguenti specie: *Terebratula (Pygope) aspasia* MENEGHINI, *Pecten (Pseudoamussium) hehlii* D'ORBIGNY, *Diotis janus* MENEGHINI, *Phylloceras (Rhacophyllites) libertum* GEMMELLARO, *Arietites cf. hiertatzius* v. HAUER, *Arietites semilaevis* v. HAUER, *Pleurotomaria* sp.

L'autore conclude per un riferimento del tetto del calcare massiccio ad un'età compresa fra la sommità dell'Hettangiano e la parte basale del Sinemuriano. Secondo il FUCINI invece la lumachella in parola sarebbe riferibile alla zona a *Pentacrinus tuberculatus*, corrispondente alla parte intermedia del Sinemuriano.

Una microfacies caratteristica è stata osservata in campioni provenienti dalla zona di Poggio Mutti (A. LAZZAROTTO, 1967). Si tratta di calcare detritico-organogeno, pseudoolitico a detriti algali. Tra le alghe sono presenti *Corallinaceae* con *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI), *Solenoporaceae* e *Dasycladaceae*. La microfacies è indicativa di un ambiente di sedimentazione in acque basse e agitate.

Nel nucleo di Campiglia Marittima i calcari, nei dintorni dell'affioramento di granodiorite albitizzata del Botro ai Marmi, si presentano a struttura saccaroide per termometamorfismo. La grana dei marmi è assai variabile da minuta a molto grossa, con cristalli anche di 2-3 centimetri.

#### 5) **Ge:** *Calcarei rossi ammonitici.*

Calcarei rossi e rosei a grana fine stratificati, con rari noduli e liste di selce. La stratificazione è messa in evidenza alla base della formazione da sottili bande alternativamente di tonalità scura e chiara, nella parte superiore da sottili strati marnosi di colore rosso scuro; in questo caso il calcare ha spesso struttura nodulare.

Nella zona di M. Romboli e dei Manienti, a NW di Campiglia Marittima, questi calcari sono sostituiti quasi per intero da livelli di selci rosse, d'aspetto simile a quello dei diaspri (E. GIANNINI, 1955).

Nei calcari, specialmente a M. Valerio e nella Valle del Temperino, sono frequenti articoli di crinoidi; nella zona di M. Calvi e di Sassetta sono stati ritrovati livelli molto ricchi di Ammoniti tra i quali G. MENEGHINI (1853) segnalò: *Lytoceras fimbriatum* SOWERBY, *Amaltheus margaritatus* MONTFORT (specie del Lias medio) e *Arietites* del Lias inferiore.

Nelle zone di Poggio Mutti e delle Cornate di Gerfalco sono state rinvenute numerose specie di Ammoniti citate da P. SAVI, G. MENEGHINI (1851); C. DE STEFANI (1876, 1887); A. VALDUGA (1960). Nel loro insieme i fossili indicano un'età compresa fra il Sinemuriano e il Pliensbachiano.

#### 6) **Gs:** *Calcarei grigi stratificati con liste e noduli di selce.*

Giacciono stratigraficamente sopra i calcari rossi ammonitici ma sono anche, nella parte inferiore, eteropici con essi. Nella parte alta della

formazione le liste di selce scompaiono quasi completamente e tra gli strati calcarei si notano sottili intercalazioni di marne bianco-giallastre.

Come sopra detto, i calcari selciferi sono in parte eteropici con la formazione dei calcari rossi ammonitici, e poiché dai livelli immediatamente sovrastanti al «rosso ammonitico» provengono con molta probabilità alcune specie di Ammoniti citate da P. SAVI, G. MENEGHINI (1851) tra cui *Ammonites bifrons* BRUGGEN, *A. comensis* DE BUCH e *A. heterophyllus* SOWERBY (specie caratteristiche del Toarciano) la formazione può essere datata al Lias medio-superiore.

Nella zona di Massa Marittima a questa formazione è stato attribuito un piccolo affioramento di calcare giallastro ceroide nodulare, con spalmature di scisti sericitici violacei e grigi.

#### 7) **Gm:** *Marne e calcari marnosi con Posidonia alpina* (GRAS).

Marne e calcari marnosi in strati di spessore e di colore variabile. Ad essi si intercalano scisti marnosi e argillosi e livelli di diaspri. La presenza di *Posidonia alpina* (GRAS), specialmente frequente sul M. Calvi e presso Sassetta, fa assegnare questa formazione al Dogger.

In sezione sottile i calcari mostrano una tipica microfacies a «filamenti» calcitici associati a radiolari calcitizzati, a zoospore di *Globochaete alpina* LOMBARD, ad ostracodi (A. LAZZAROTTO, 1967). Tale microfacies è citata frequentemente nel Giurassico medio del bacino mediterraneo.

#### 8) **di:** *Radiolariti*.

Strati silicei sottili di colore rosso, verde e nero con marne intercalate e livelli di calcari grigi stratificati con liste e noduli di selce.

Nelle radiolariti non sono stati rinvenuti fossili; sopra questa formazione compaiono tuttavia presso Monterotondo Marittimo, in continuità di sedimentazione, pochi strati di calcari tipo «*maiolica*», contenenti una fauna a Calpionelle indicativa di un'età cretacea basale (A. LAZZAROTTO, 1967) tra cui: *Calpionella alpina* LORENZ, *Calpionella elliptica* CADISCH, *Tintinnopsella carpathica* (MURGEANU e FILIPESCU), *Tintinnopsella longa* (COLOM), *Calpionellites darderi* COLOM, *Calpionellopsis oblonga* CADISCH.

#### 9) **sp:** *Scisti argillosi policromi con intercalazioni di calcareniti a Nummuliti*.

Formazione caratterizzata da due diverse litofacies: la prima è costituita da calcari marnosi e marne di colore rosso in strati di pochi decimetri di spessore; la seconda, più diffusa, è invece costituita da argille e argille siltose rosse e verdi, finemente fogliettate, alle quali si intercalano piccoli strati di calcari silicei, radiolariti e sporadici livelli di selci scure. I rapporti di giacitura fra questi due tipi litologici non appaiono ben chiari, poiché la formazione è fortemente tettonizzata. Non è improbabile comunque che la prima litofacies coincida con la parte bassa della formazione; tale fatto è confortato dalla presenza, in alcuni campioni in essa prelevati, (A. LAZZAROTTO, 1967) di: *Planomalina buxtorfi* (GANDOLFI), *Hedbergella* cf. *planispira* (TAPPAN), *Globigerinelloides* sp., *Rotalipora apenninica* (RENZ), specie indicative di un'età comprensiva dell'Albiano-Cenomaniano. Il membro argilloso può essere invece attribuito all'Eocene superiore-Oligocene basale (L. GIANNELLI, A. LAZZAROTTO, R. MAZZANTI, 1965). Nei pressi di Campiglia M.ma sono presenti intercalazioni di calcareniti a Nummuliti nella parte alta della formazione. Altri affioramenti di calcareniti si ritrovano nella tav. Montioni.

#### 10) **mg:** *Macigno*.

Arenaria feldspatica in banchi di potenza variabile, con intercalazioni marnose, argillose e siltose. In genere presenta i caratteri sedimentologici del macigno affiorante nel resto dell'Appennino, quantunque la classazione granulometrica degli elementi sia poco evidente. Sono riconoscibili due livelli nei quali la frazione marnoso-siltosa prevale su quella arenacea: il primo è localizzato verso la parte centrale della formazione (E. GIANNINI, 1955), il secondo al tetto. In quest'ultimo sono inglobati ammassi lenticolari («olistostromi») di argille siltose, calcari detritico-organogeni e calcari marnosi a Globigerine e Globorotalie di tipo terziario: sono questi litotipi e microfaune affini a quelle che si rinvencono in alcune formazioni del gruppo dell'Alberese (L. GIANNELLI, A. LAZZAROTTO, R. MAZZANTI, 1965).

Nel macigno non sono stati rinvenuti fossili di nessun genere; il riferimento cronologico della sua base è desumibile dall'età del tetto della formazione sottostante (scisti policromi) cioè Eocene sup.-Oligocene basale, la parte rimanente della formazione è attribuita genericamente all'Oligocene in base alle conoscenze regionali. Recentemente tuttavia G. GASPERI (1966, 1968) ha segnalato la presenza di una ricca fauna a microforaminiferi e Lepidocicline dell'Oligocene medio-superiore nel macigno del Promontorio di Piombino.

## B — GRUPPO DELL'ALBERESE

1) **alb**: *Argille siltose grigio-scure con intercalazioni calcaree ed arenacee.*

Argille siltose grigio-scure, talvolta rosse e verdi, cui sono intercalati strati di potenza variabile, costituiti dai seguenti tipi litologici: calcari detritico-organogeni, calcari a grana sottile, talvolta marnosi, calcareniti, arenarie quarzose a cemento calcareo. La formazione si presenta spesso caoticizzata tanto che non è più riconoscibile la successione originaria tra i tipi litologici sopra descritti.

Lo studio micropaleontologico è stato eseguito su sezioni sottili di rocce calcaree:

a) a S e SW di Campiglia Marittima, nei livelli più bassi si trovano frequenti associazioni di Globigerine e Globorotalie con specie cretacee rimaneggiate (Globotruncane). Nei livelli più alti sono presenti macroforaminiferi eocenici (Discocycline, Nummuliti, Alveoline, Operculine), briozoi, alghe calcaree (*Corallinaceae*), grosse Globigerine di tipo eocenico e Globorotalie fra cui: *Globorotalia spinulosa* CUSHMAN, *Globorotalia* del gr. *G. crassata* CUSHMAN.

L'età è riferibile all'Eocene inferiore-?medio (L. DALLAN in G. P. BRANDI, P. SQUARCI, L. TAFFI, 1966).

In questa stessa zona si notano frequenti livelli lenticolari di arenarie quarzoso-micacee a cemento calcareo.

b) nella zona di Sassetta e di Castelnuovo di Val di Cècina. (L. GIANNELLI, A. LAZZAROTTO, R. MAZZANTI, 1965; A. LAZZAROTTO, R. MAZ-

ZANTI, 1966) sono state rinvenute Globigerine di tipo terziario e Globorotalie tra cui *G. cerro-azulensis* COLE. Tra i foraminiferi bentonici sono frequenti grandi esemplari di *Assilina* sp., Operculine, *Ortophragmina* sp., Alveolinidi, Amphisteginidi, *Gypsina* sp., *Chapmanina* sp.. L'età è riferibile all'Eocene medio-superiore.

2) **al**: *Calcari compatti grigio-chiari e calcareniti.*

a) nei Monti di Campiglia la formazione è rappresentata da sequenze ritmiche di calcari compatti grigio-chiari, marnosi passanti a marne grigie; spesso la parte basale della sequenza è costituita da arenarie calcaree, talvolta da calcareniti. Nei calcari chiari si ritrovano abbondanti radiolari, *Globigerina* del gr. *G. linaperta* FINLAY, *Hantkenina* sp., Globorotalie di tipo eocenico tra cui *G. spinulosa* CUSHMAN, *G. crassata* (CUSHMAN), *G. spinuloinflata* BANDY, *G.* del gr. *G. densa* CUSHMAN, *G. bullbrookii* BOLI (L. DALLAN in G. P. BRANDI, P. SQUARCI, L. TAFFI, 1966). Le microfaune citate fanno attribuire alla formazione un'età eocenica medio-superiore.

b) nei Monti di Castelnuovo Val di Cecina (A. LAZZAROTTO, R. MAZZANTI, 1966; A. LAZZAROTTO, 1967) la formazione è costituita da calcareniti nummulitifere di colore grigio suddivise in strati di due-tre metri di spessore, caratterizzate da un'evidente gradazione degli elementi clastici, intercalate a livelli argilloso-siltosi di colore bruno-scuro.

La microfauna presente è identica a quella contenuta nella formazione **alb** di questa zona. Età: Eocene medio-superiore.

## C — GRUPPO DEL FLYSCH CRETACICO

1) **Cac**: *Argille siltose grigio-scure con intercalazioni calcaree.* Argille di colore variabile dal grigio-scuro al marrone, caratterizzate da una tipica sfaldatura in piccole e sottili laminette; vi si notano rare intercalazioni di tipi litologici diversi: calcari, calcareniti, calcari marnosi e marne. Nei calcari sono stati rinvenuti microfossili cretacei molto abbondanti tra i quali: *Pithonella ovalis* (KAUFMANN), *Pithonella sphaerica* (KAUF-

MANN), *Rotalipora apenninica* (RENZ), *Globotruncana* gr. *G. lapparenti* BROTZEN, *Globigerinelloides* sp., Heterohelicidi.

Età della formazione: Cenomaniano-Turoniano.

2) **Cmc**: *Flysch calcareo-marnoso*.

Sequenze ritmiche di arenarie calcaree e calcareniti passanti a calcari, calcari marnosi e marne di colore grigio-scuro (torbiditi). Le bancate hanno potenza variabile tra i 5 e i 10 metri. Nelle sezioni sottili delle rocce calcaree è stata osservata una microfacies costituita dalla seguente associazione paleontologica: spicole di Spongiari, Radiolari calcizzati, *Heterohelix* sp. (talvolta di piccolissime dimensioni), *Globigerinelloides* sp., Hedbergella, *Pithonella ovalis* (KAUFMANN), *P. sphaerica* (KAUFMANN), più rare sono le forme attribuibili a Globotruncane, fra cui si nota la presenza di *G. lapparenti lapparenti* BROTZEN, *G. lapparenti tricarinata* (QUEREAU), *G. arca* CUSHMAN, *G. helvetica* BOLLI, *G. stuarti* (DE LAPPARENT).

L'età della formazione è riferibile al Cretacico superiore.

D — COMPLESSO DELLE ARGILLE SCAGLIOSE OFIOLITIFERE

1) **S** : Serpentine.

2) **P** : Gabbri e filoni di gabbro nelle serpentine.

3) **PA**: Gabbri con filoni di porfirite diabasica.

4) **A** : Diabasi e porfirite diabasiche in filoni nei gabbri.

5) **di**: *Radiolariti policrome in prevalenza rosse con sottilissime intercalazioni argillose*. Vengono attribuite al Giurassico superiore (Malm), per la loro giacitura immediatamente sottostante alla formazione del calcare a Calpionelle, la cui base è datata al Cretacico inferiore.

6) **Cc**: *Calcari grigio chiari o rosei con Calpionelle*.

La formazione è costituita da calcari a grana finissima suddivisi in banchi di 1-2 metri di potenza, separati da sottili intercalazioni di argil-

le; è riferibile alla parte basale del Cretacico inferiore per la presenza di *Calpionella alpina* LORENZ, *C. elliptica* CADISCH, *C. oblonga* CADISCH, *Tintinnopsella carpathica* (MURGEANU E FILIPESCU), etc.

7) **pb**: *Argille siltose fissili («galestri») con calcari silicei («palombini»)*.

Argille siltose di colore variabile, generalmente grigio scuro, alle quali si intercalano strati di calcari silicei di vario spessore e subordinatamente arenarie quarzose a cemento calcareo.

Tra Bolgheri, Castiglioncello e La Sassa intercalate alla formazione si rinvencono breccie sedimentarie poligeniche provenienti da altre formazioni del complesso delle argille scagliose ofiolitifere. Le dimensioni degli elementi che costituiscono le breccie e i loro spessori sono estremamente variabili da luogo a luogo.

Nella tavoletta Montioni sono stati rinvenuti calcari grigi stratificati, talora con la base calcarenitica gradata, a struttura spesso pseudoolitica, con rari ooliti contenenti resti di Molluschi, placche di Echinodermi, alghe calcaree, microforaminiferi arenacei e Calpionelle negli elementi calcarei detritici.

Nei calcari di questa formazione si rinvencono microfaune del Cretacico inferiore, rappresentate prevalentemente da Radiolari, abbondanti Tintinnidi tra cui: *Calpionella alpina* LORENZ, *C. elliptica* CADISCH, *C. oblonga* CADISCH, *Calpionellites darderi* (COLOM), *Calpionellopsis thalmanni* COLOM; sporadici resti di *Saccocoma*, *Globochaete alpina* LOMBARÐ, *Stomiosphaera moluccana* WANNER, Nannoconidi.

8) **Cag**: *Argille siltose con rare intercalazioni di calcari, calcareniti, marne e arenarie*.

Nella zona dell'alta valle del T. Pavone questa formazione si differenzia dalle argille a palombini per una netta prevalenza delle intercalazioni arenacee rispetto a quelle calcaree. La microfauna che compare nei calcari è indicativa di un'età compresa fra l'Aptiano ed il Cenomaniano per la presenza di *Hedbergella trochoidea* (GANDOLFI), *Biticinella breggiensis* (GANDOLFI), *Ticinella* sp. (A. LAZZAROTTO, 1967). Nella zona

di Montioni e di Massa Marittima nei calcari e nelle calcareniti sono presenti microforaminiferi tra cui *Rotalipora apenninica* (RENZ), *Praeglobotruncana stephani* (GANDOLFI), *Planomalina buxtorfi* (GANDOLFI), *Hedbergella planispira* LOEBLICH E TAPPAN, *Ticinella roberti* (GANDOLFI), *Heterohelix* sp., che fanno attribuire la formazione al Cenomaniano - Turoniano inferiore.

9) **pe**: *Formazione di Lanciaia*.

La formazione di Lanciaia è stata riconosciuta da R. SIGNORINI (1963) nell'area di questo foglio (Tav. Pomarance I NE e Micciano I NO). Il medesimo autore ha dato una descrizione della serie tipo nella zona di Lanciaia suddividendo la formazione nei seguenti membri dal basso:

a) *membro basale*: «brecce, conglomerati e puddinghe con prevalenti elementi ofiolitici, ma anche calcarei, arenacei e diasprini, basali e anche intercalati nella porzione inferiore della formazione»;

b) *membro di S. Sisto*: «tipica fitta alternanza di straterelli di arenarie lastriformi e siltiti passanti a marne, subordinatamente con intercalazioni di arenarie, di calcareniti e di marne calcaree bianchicce»;

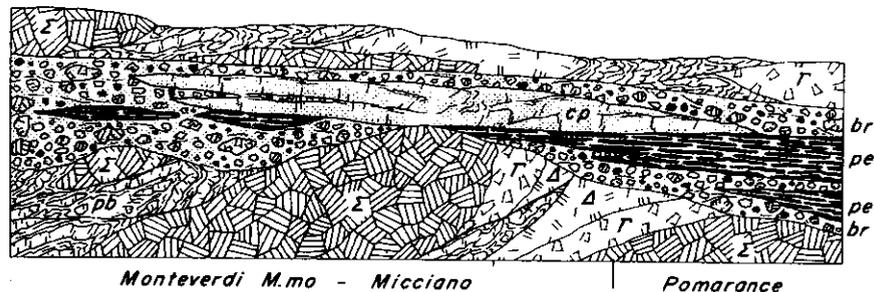


FIG. 4) Variazione dei rapporti quantitativi tra il membro del Podere Taucchi e gli altri membri della formazione di Lanciaia tra l'area di Pomarance e quella di Monteverdi Marittimo-Micciano. In grisé la formazione di Lanciaia.

Σ, serpentine; Γ, gabbri; Δ, diabasi; pb, argille a palombini; br, brecce sedimentarie poligeniche; pe, arenarie calcaree, calcari marnosi, marne e siltiti; cp, membro del Podere Taucchi: arenarie quarzose, calcari arenacei e marnosi.

c) «prevalenza di marne e di calcari marnosi, mentre le arenarie e siltiti e le calcareniti rimangono subordinate»;

d) «eventuali intercalazioni di masse ofiolitiche e di brecce e conglomerati ad elementi prevalentemente ofiolitici»;

e) «argille scistose rosse e verdi, con arenarie e puddinghe ofiolitiche»;

f) «prevalenza di marne, con fascio di calcare finissimo chiaro tipo Alberese».

Ancora R. SIGNORINI ha indicato che questa formazione giace sopra i grandi ammassi di rocce verdi delle zone a S di Pomarance e, in collaborazione con E. CENTAMORE e V. CONATO (1963), ne ha precisato un'età compresa tra il Paleocene superiore e l'Eocene medio. In seguito A. LAZZAROTTO e R. MAZZANTI hanno studiato alcune microfaune prelevate dagli strati più marnosi della formazione che contengono, fra l'altro, una ricca microfauna tra cui: *Globorotalia aequa* CUSHMAN e RENZ, *G. mckannai* (WHITE), *G. tadjikistaensis* BYKOVA, *G. pseudomenardii* BOLLI, *G. angulata* (WHITE), *Globigerina* cf. *compressa* PLUMMER, *G. triloculinoides* PLUMMER.

Età Paleocene medio-Eocene inferiore (A. LAZZAROTTO, 1966; A. LAZZAROTTO, R. MAZZANTI, 1966).

Questi ultimi autori hanno riconosciuto inoltre nella parte più alta della formazione di Lanciaia masse di dimensioni molto diverse di arenarie quarzose, calcari arenacei e marnosi e subordinate marne di età compresa tra l'Hauteriviano ed il Maestrichtiano a cui è stato dato il nome di membro di Podere Taucchi (**cp**).

Successivamente A. CERRINA FERONI e R. MAZZANTI (1967) nel precisare la posizione della formazione di Lanciaia oltre che nella zona di Pomarance (zona della serie tipo) anche nelle zone delle tavolette Monteverdi Marittimo I SO e Micciano I NO, chiarivano che i rapporti quantitativi tra il membro del Podere Taucchi e tutti gli altri membri della formazione di Lanciaia risultano invertiti fra la zona di Pomarance e quella di Monteverdi Marittimo-Micciano.

Infatti nella zona di Pomarance il membro del Podere Taucchi occupa

una piccola parte della porzione superiore della formazione, mentre nella zona di Monteverdi Marittimo-Micciano questo membro sostituisce talora tutti gli altri membri o comunque è prevalente. È anche da notare che in quest'ultima area la maggioranza delle microfaune raccolte nel membro del Podere Taucci risulta ancora indicativa di un'età compresa tra l'Hauteriviano e il Maestrichtiano, mentre poche altre indicano il Paleocene medio-Eocene inferiore.

In conseguenza di ciò il membro del Podere Taucci può essere considerato deposto originariamente nell'area di sedimentazione della formazione di Lanciaia nel Paleocene medio-Eocene inferiore, interpretando come rimaneggiata la maggioranza delle microfaune che contiene (di età hauteriviana-maestrichtiana); oppure può essere considerato come una successione di frane sinsedimentarie di masse di dimensioni molto varie di età genericamente cretacea, frane scivolte nel bacino di sedimentazione della formazione di Lanciaia interrompendo a tratti la deposizione di quest'ultima.

#### 10) br: Breccie sedimentarie poligeniche.

Sono costituite in prevalenza da elementi provenienti dal complesso delle argille scagliose ofiolitifere. Le breccie sono disposte in banchi con cemento assai vario da argilloso a arenaceo o addirittura assente.

La loro posizione originaria non è sempre chiaramente interpretabile per l'attuale scompaginamento tettonico delle formazioni con le quali si trovano associate. Queste sono: le argille a palombini del Cretacico inferiore, il flysch calcareo-marnoso del Cretacico superiore e la formazione di Lanciaia del Paleocene medio-Eocene inferiore.

### E — DEPOSITI NEOGENICI

Nel foglio 119 Massa Marittima si possono distinguere i seguenti bacini neogenici:

- 1) Bacino di Pomarance (fig. 5)
- 2) Bacino di Guardistallo-Montegemoli (fig. 6)
- 3) Bacino di Serrazzano-Montebamboli-Casa Marsiliana (fig. 7)

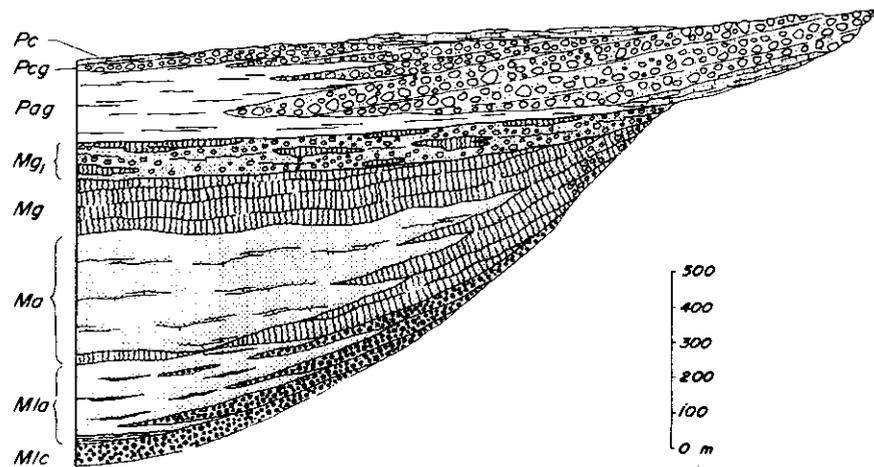


FIG. 5) Serie stratigrafica dei sedimenti neogenici affioranti nel bacino di Pomarance. In grisé i depositi del Miocene superiore, in bianco quelli del Pliocene.

Mic, conglomerati lacustri; Mla, argille lignitifere lacustri con marne a *Bithynia* e conglomerati; Ma, argille a *Pycnodonta navicularis*; Mg, gessi; Mg<sub>1</sub>, gessi, argille arenarie e conglomerati con ciottoli di aplite porfirica, porfido granitico e gesso; Pag, argille azzurre marine con *Pycnodonta navicularis*; Pcg, conglomerati poligenici e lenti di argille con fossili marini; Pc, calcari detritico organogeni e sabbie con fossili marini.

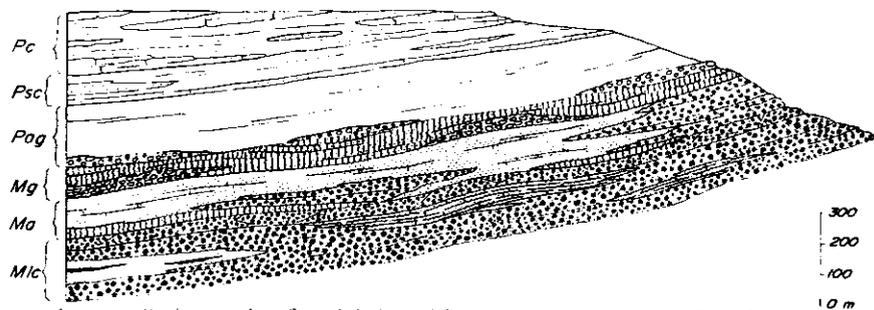


FIG. 6) Serie stratigrafica dei depositi neogenici affioranti nel bacino di Guardistallo-Montegemoli. In grisé i depositi del Miocene superiore, in bianco quelli del Pliocene.

Mic, conglomerati lacustri, con intercalazioni di argille lignitifere; Ma, argille a *Pycnodonta navicularis* con livelli conglomeratici; Mg, gessi; Pag, argille azzurre marine con *Pycnodonta navicularis* e livelli conglomeratici; Psc, sabbie e argille alternanti (livello a *Cladochora coespitosa*); Pc, calcari detritico-organogeni e sabbie con fossili marini.

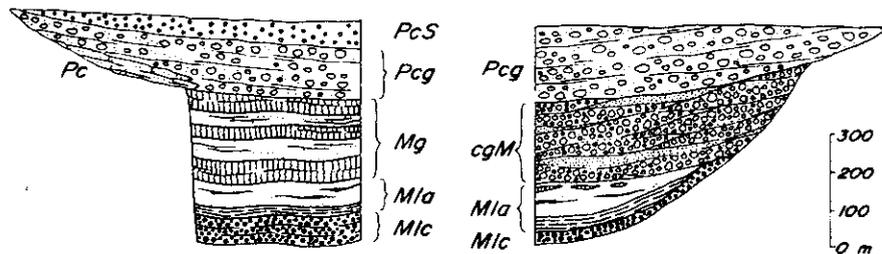


FIG. 7) Serie stratigrafica dei depositi neogenici del bacino di Serrazzano-Montebamboli-Casa Marsiliana. A sinistra è rappresentata la situazione nella parte nord del bacino, a destra quella della parte sud, dove il conglomerato di Montebamboli sostituisce quasi per intero la formazione gessifera. In grisé i depositi del Miocene superiore, in bianco quelli del Pliocene. **Mlc**, conglomerati lacustri; **Mla**, argille lignitifere lacustri, sabbie e marne arenacee con *Bithynia*, lenti di gesso; **Mg**, gessi; **cgM**, conglomerati poligenici di Montebamboli; **Pc**, calcari detritico-organogeni e sabbie con fossili marini; **Pcg**, conglomerati poligenici con lenti di argille con fossili marini; **PcS**, conglomerati poligenici di Serrazzano.

Nelle serie di questi tre bacini compaiono formazioni comuni ed altre esclusive di ciascun bacino. Per semplicità descrittiva esporremo le formazioni comuni una sola volta. La posizione che ogni formazione occupa in ciascuna serie è visibile nelle figg. 5, 6, 7.

#### a) DEPOSITI LACUSTRI DEL MIOCENE SUPERIORE.

1) **Mlc**: Conglomerati lacustri ad elementi ofiolitici di colore rossastro, sporadici livelli di argille e di marne con opercoli di *Bithynia*.

Questa formazione compare in tutti i bacini con le stesse caratteristiche. Nella parte alta si notano alcuni livelli di marne arenacee con opercoli di *Bithynia*. A diretto contatto con la formazione marina soprastante, compaiono talvolta conglomerati a cemento sabbioso-argilloso di colore rosso mattone; lo spessore di questo livello non supera i 20-30 metri.

Lo spessore della formazione è molto variabile, in genere non supera i 100 metri.

2) **Mla**: Argille spesso lignitifere d'ambiente lacustre con livelli di sabbie e marne arenacee con *Bithynia*, *Congeria* e *Ostracodi*.

Sono presenti alcune lenti di conglomerato a ciottoli minuti. La frazione marno-argillosa presenta sottile stratificazione e qualche intercalazione di strati più calcarei, fetidi.

La formazione è ricca di fossili vegetali carbonizzati che possono costituire anche letti di lignite; in modo particolare nella zona di Montebamboli esistono due banchi di lignite sfruttati in passato.

Nelle argille sono stati rinvenuti oogoni di *Chara*; tra i macrofossili le già citate *Bithynia* e *Cardium* a coste rade. Un cenno meritano i vertebrati, ritrovati nel corso di escavazioni minerarie, che provengono o dai banchi di lignite, o da livelli immediatamente a contatto con essi. I resti di più sicura attribuzione sono: (H. A. WEITHOFER, 1888; G. MERCIAT, 1907): *Oreopithecus bambolii* GERVAIS, *Antilope haupti* MAJOR, *Antilope gracillima* WEITHOFER, *Sus choeroides* POMEL, *Mustela majori* WEITHOFER, *Hyoenarctos anthracitis* WEITHOFER, *Hipparion gracile* KAUP, *Enhydriodon campanii* MENEGHINI, *Anas lignitiphula* SALVADORI, *Trionyx bambolii* RISTORI.

L'età dei depositi lacustri non è stata ancora definita con precisione. Tuttavia poiché talora sono sormontati in continuità di sedimentazione da depositi datati al Messiniano le formazioni lacustri sono state riferite E. GIANNINI (1960) al Tortoniano superiore-Messiniano inferiore.

#### b) — DEPOSITI MARINI ED EVAPORITICI DEL MIOCENE SUPERIORE

1) **Ma**: Argille a *Pycnodonta navicularis* (BROCCHI).

Formazione costituita da sole argille, soli conglomerati o intercalazioni di argille e conglomerati; compaiono talora lenti di strati arenacei lastriformi e gessi. Nel bacino di Pomarance assume un grande sviluppo sia orizzontale che verticale (400-500 metri); alla base è quasi sempre presente un banco di gesso.

Le macrofaune sono scarse, in genere oligotipiche, rappresentate quasi esclusivamente da *Pycnodonta navicularis* (BROCCHI) ed *Amus-*

sium; anche le microfane risultano oligotipiche; caratteristica è l'associazione *Bolivina dentellata* TAVANI, *B. dilatata* REUSS, *Bulimina echinata* D'ORBIGNY che, unitamente alla presenza di frequenti cristalli di gesso, è indicativa del Messiniano. In altri casi è stata notata la presenza di Ostracodi sia lisci sia con marcata ornamentazione ed esemplari di piccole dimensioni, di *Rotalia beccarii tepida* CUSHMAN, indicanti un ambiente di acque salmastre.

2) **Mg:** *Gessi e lenti di salgemma, argille marnose, sabbie e conglomerati.*

Si tratta di una formazione che presenta notevoli variazioni litologiche sia verticali sia orizzontali. Essa è composta da alternanze, frequentemente a carattere ritmico di argille marnose e di gesso, cui si intercalano, senza un ordine definito, grosse bancate lenticolari di materiale detritico più grossolano (sabbie e specialmente nella parte alta conglomerati). I banchi di gesso hanno potenza variabilissima, da pochi centimetri a 2-3 metri; nei banchi di dimensioni maggiori sono frequenti sferoidi di alabastro.

Nel bacino di Serrazzano - Montebamboli - Casa Marsiliana questa formazione ha una notevole variabilità; gli strati di gesso vero e proprio diminuiscono fortemente da N a S fino a scomparire del tutto o a essere rappresentati da poche lenti nelle argille. Si può dire quindi che questa formazione viene sostituita dal conglomerato di Montebamboli (**cgM**).

3) **Mg:** *Gessi, argille, arenarie friabili e conglomerati con ciottoli di aplite porfirica, porfido granitico e gesso.*

Questa formazione compare solo nel bacino di Pomarance; è costituita da un conglomerato ad elementi piuttosto minuti (in genere minori di 10 cm di diametro) a cemento arenaceo-argilloso poco tenace, con ciottoli provenienti dalle formazioni dell'alloctono, specialmente dal complesso delle argille scagliose ofiolitifere e con ciottoli di aplite porfirica e porfido granitico.

La parte media è caratterizzata da un'alternanza di banchi di sabbia argillosa e arenarie friabili grigie con piccole lenti di conglomerati a ciot-

toli di gesso. A vari livelli si rinvencono inoltre strati prevalentemente argillosi con grandi quantità di lenti e strati di gesso.

La formazione è attribuibile al Messiniano per il reperimento di *Bolivina dentellata* TAVANI nelle argille oltre che per la presenza di gesso in strati.

4) **Mc:** *Conglomerati ad elementi prevalenti della serie ofiolitifera; piccoli noduli di gesso.*

Questa formazione compare nella zona di passaggio fra i bacini di Pomarance e di Guardistallo - Montegemoli; è prevalentemente conglomeratica e caratterizzata dalla presenza di gesso in ciottoli ma anche in piccoli strati. Non vi sono stati rinvenuti fossili; la datazione viene effettuata in base alla giacitura ed è riferibile alla parte più alta del Messiniano; infatti essa è compresa fra la formazione gessifera s.s. e i depositi del Pliocene inferiore.

5) **cgM:** *Conglomerati poligenici di Montebamboli.*

Affiorano nel bacino di Serrazzano - Montebamboli - Casa Marsiliana. Formazione prevalentemente conglomeratica con letti arenacei, siltosi, argillosi e presenza di lignite (fig. 8). La stratificazione è per lo più lenticolare. E i ciottoli hanno generalmente dimensioni non superiori

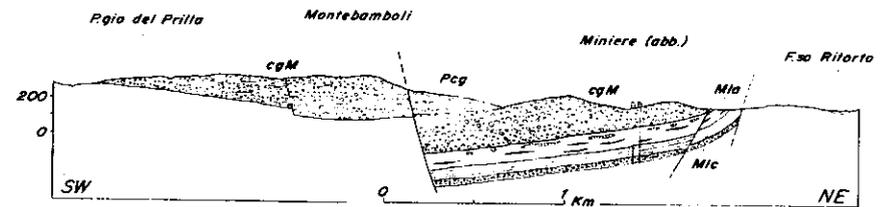


FIG. 8) Sezione geologica attraverso il bacino di Serrazzano-Montebamboli-Casa Marsiliana costruita utilizzando anche i dati di due pozzi minerari. In bianco il substrato.

**Mlc**, conglomerati lacustri; **Mla**, argille lignitifere lacustri, sabbie e marne arenacee con *Bithynia*, lenti di gesso nella parte alta; **cgM**, conglomerati poligenici di Montebamboli; **Pcg**, conglomerati poligenici e lenti di argille con fossili marini.

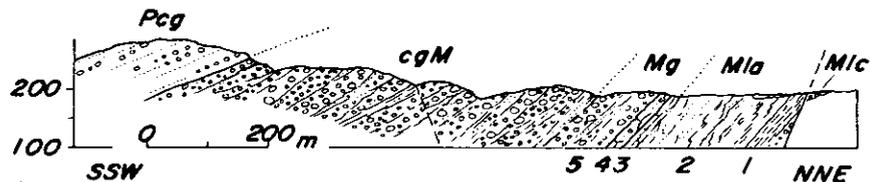


FIG. 9) Particolare della serie del bacino di Serrazzano-Montebamboli-Casa Marsiliana. affiorante nel Rio Guardigiano. Mic, conglomerati lacustri; Mla: 1) marne e calcari a *Bithynia*, 2) arenarie, sabbie arenacee, silts marnosi e argilloso marnosi, argille; Mg: 3) marne ad Anellidi, 4) calcari detritici con ciottoli, 5) conglomerati a cemento calcareo; cgM, conglomerati poligenici di Montebamboli; Pcg, conglomerati poligenici e lenti di argille con fossili marini.

ai 15-20 cm, forma arrotondata e una diffusa spalmatura superficiale rosso-ematite. Essi provengono dalle formazioni dell'alloctono e specialmente dal complesso delle argille scagliose ofiolitifere. Nel Rio Guardigiano (affluente di destra del F. Cornia) compare alla base della formazione un banco di calcare marnoso ad Anellidi (fig. 9).

I fossili mancano del tutto nella parte alta; raramente sono presenti nella parte basale. Qui sono stati rinvenuti alcuni Balanidi e nei lavati dei campioni più argillosi, Ostracodi dotati di ornamentazione, *Rotalia beccarii tepida* CUSHMAN, *Bolivina*, *Bulimina*, *Elphidium* e *Globigerina*. La formazione nel suo insieme presenta delle facies marine molto litorali e salmastre alla base, e continentali nella parte alta.

La datazione viene effettuata in base alla sua giacitura, vista la mancanza di faune significative per l'età. Poiché la formazione giace talvolta con evidente discordanza su livelli contenenti strati di gesso (Messiniano) (zona del Castello della Marsiliana, tav. Montioni) ed è sormontata, pure con discordanza, dai sedimenti del Pliocene inferiore, è da attribuirsi al Messiniano superiore.

### c) DEPOSITI MARINI DEL PLIOCENE

#### 1) **Pc**: *Calcari detritico-organogeni e sabbie con fossili marini.*

Più diffusi sono i calcari detritico organogeni, generalmente presenti dove i sedimenti pliocenici vengono a contatto con le rocce ofiolitiche.

Sono questi depositi tipici di acque poco profonde. La giacitura di questi calcari, nel bacino di Pomarance, è inferiore, intermedia e superiore alle argille del Pliocene sia inferiore che medio; nel bacino di Guardistallo - Montegemoli le sabbie, qui prevalenti sui calcari, si ritrovano al di sopra delle argille. La formazione è pertanto databile o al Pliocene inferiore o al medio a seconda delle località.

#### 2) **Pag**: *Argille azzurre marine con Pycnodonta navicularis* (BROCCHI).

Questa formazione è costituita dalle note argille grigio-cenere di ambiente marino che hanno, a seconda della località, età varia cioè pliocenica inferiore o pliocenica media. Nel Bacino di Serrazzano - Montebamboli - Casa Marsiliana si trovano intercalati alle argille numerosi banchi e strati lenticolari di conglomerati. Lo spessore della formazione non supera normalmente i 200 metri.

Le faune presentano notevoli differenze specialmente in senso verticale. I livelli basali sono da attribuirsi al Pliocene inferiore, contenendo microfaune tipiche di questa età, in particolare: *Globorotalia puncticulata* DESHAYES, *Bolivina placentina* TEDESCHI e ZANMATTI, *B. apenninica* BARBIERI e MOSNA. *B. subspinescens* CUSHMAN, *Lenticulina peregrina* (SCHWAGER), *Globulina gibba tuberculata* D'ORBIGNY etc... La parte superiore di questa formazione è riferibile al Pliocene medio, per la presenza in particolare di *Globorotalia bononiensis* DONDI e *G. aemiliana* COLALONGO e SARTONI (L. DALLAN, G.F. SALVATORINI, 1967).

#### 3) **Pcg**: *Conglomerati poligenici e lenti di argille con fossili marini.*

Affiorano nei bacini di Pomarance e di Guardistallo-Montegemoli. I ciottoli hanno dimensioni molto variabili e provengono da tutte le formazioni dell'alloctono, ma soprattutto dal flysch calcareo-marnoso del Cretaceo superiore.

In alcune zone del bacino di Pomarance questa formazione è riferibile per considerazioni micropaleontologiche e stratigrafiche al Pliocene inferiore o al massimo al Pliocene medio (R. MAZZANTI, 1966). Nell'alta valle del Torrente Pavone, trovandosi al tetto di una serie medio-pliocenica, questi conglomerati potrebbero corrispondere al Pliocene superiore;

ciò non è tuttavia documentabile per la difficoltà di reperire nei sedimenti clastici grossolani faune significative di età.

4) **PcS:** *Conglomerati poligenici di Serrazzano.*

Affiorano solo nella parte settentrionale del bacino di Serrazzano - Montebamboli - Casa Marsiliana. Si tratta di conglomerati grossolani a scarso cemento calcareo ed arenaceo, costituiti da ciottoli, molto spesso di forma appiattita, di dimensioni variabili da 5 a 30 centimetri. Essi provengono in prevalenza dal complesso delle argille scagliose ofiolitifere. La formazione è stratificata in banchi di 2-3 metri di spessore, sfumanti verso l'alto in un sottile livello sabbioso ed arenaceo; è generalmente di colore grigio giallastro, ma, in alcune zone (Lustignano, tav. Monteverdi Marittimo) assume una colorazione rosso-intensa. Lo spessore massimo calcolabile è di poco superiore ai 100 metri.

Le microfaune dei livelli argillosi intercalati ai conglomerati indicano generalmente il Pliocene, tuttavia la loro giacitura sopra terreni appartenenti sicuramente al Pliocene inferiore permette di attribuire la formazione in esame alla parte alta del Pliocene inferiore o al Pliocene medio (A. LAZZAROTTO, 1967).

5) **Psc:** *Alternanze di sabbie e argille (livello a Cladochora coespitosa LAMARCK).*

Affiora solo nel bacino di Guardistallo - Montegemoli. Nella parte alta della formazione delle argille grigio cenerine, si alternano sabbie gialle, calcari detritico-organogeni ed alcuni livelli di conglomerati. Nelle argille e nelle argille sabbiose di questo livello è assai frequente *Cladochora coespitosa* (LAMARCK).

6) *Frane sinsedimentarie.*

Nei bacini di Pomarance e di Serrazzano - Montebamboli - Casa Marsiliana, si osservano piccole porzioni di strati provenienti dalle formazioni dell'Alloctono intercalate alle argille azzurre con *Pycnodonta navicularis* (**Pag**) ed ai conglomerati poligenici e lenti di argille con fossili marini (**Pcg**) del Pliocene inferiore e medio.

Queste intercalazioni vengono spiegate come frane staccatesi dai bordi del bacino pliocenico e scivolate sui sedimenti in via di deposizione.

d) — DEPOSITI CONTINENTALI DEL PLIOCENE SUPERIORE.

1) **Pl:** *Argille carboniose con Melanopsis ed intercalazioni di livelli di lignite xiloide; calcari friabili con Melanopsis e Characee; argille torbose, sabbie e conglomerati talora a cemento travertinoso d'ambiente lacustre nei livelli inferiori, probabilmente fluviale in quelli superiori.*

Questi depositi attribuibili al Pliocene superiore, si rinvencono in piccoli affioramenti nelle tavolette Massa Marittima e Monterotondo Marittimo.

2) **t:** *Travertini antichi con resti vegetali attribuiti alle specie Cinnamophyllum polymorphum (BRAUN) e Fagus sylvatica LINNEO.*

F — DEPOSITI QUATERNARI

1) **Qs:** *Sabbie arrossate e ciottoli.*

Deposito marino litorale, trasgressivo alla base e terminante con una superficie di regressione (Siciliano). La maggior parte di questi sedimenti affiora nel quarto quadrante del foglio e forma un ampio terrazzo che si eleva al massimo sino a 150 metri sul livello del mare. L'attribuzione al Siciliano è basata sulla continuità di affioramento tra questi depositi e quelli dell'angolo SW del Foglio 112 Volterra dove questi ultimi sono trasgressivi su terreni del Calabriano.

2) **Qt:** *Sabbie giallastre, rossastre e ciottoli di ambiente continentale.*

Questi depositi affiorano quasi ininterrottamente nel margine occidentale e meridionale del foglio esclusa l'area della tavoletta Massa Marittima. In questi terreni, nel margine NW della tavoletta Palmentello, sono stati ritrovati manufatti litici musteriani di facies pontiniana e pertanto gli stessi dovrebbero essere attribuiti all'intervallo tra la fase di salita nel Würm I ed il Würm I-II.

3) **p:** *Dune cementate rossastre («panchina» con stratificazione incrociata).*

Sono costituite da sabbie eoliche piuttosto grossolane fortemente cementate.

4) **at:** *Depositi alluvionali terrazzati.*

I versanti di tutte le valli di una certa importanza presentano spianate con depositi ciottolosi di origine fluviale che costituiscono vari ordini di terrazzi.

5) **e:** *Dune attuali e recenti.*

Sono visibili lungo tutta la costa fra la foce del F. Cecina e la parte N del Promontorio di Piombino.

6) **a:** *Depositi alluvionali attuali e recenti.*

7) Le sabbie di spiaggia attuale si rinvergono solo tra la foce del F. Cecina ed il margine N del Foglio.

8) **d:** *coperture detritiche.* (Si veda il paragrafo «Frane»).

## G — ROCCE IGNEE

1) : *Granodiorite albitizzata.*

Si ritrova all'imbocco della valle denominata Botro ai Marmi in un affioramento di poco più di una diecina di ettari di estensione. L'ampia area nella quale il calcare massiccio hettangiano si presenta metamorfosato per contatto ed i filoni connessi indicano senz'altro che questa granodiorite si estende ampiamente in profondità a costituire un batolite.

2) *Filoni di porfido granitico a cordierite ( $\pi$ ), e filoni di porfido augitico e skarn ( $\pi_1$ ) della Valle dei Lanzi e del Temperino.*

I filoni con direzione prevalente SSE-NNW si sviluppano fra la Valle del Temperino a S e la Valle di S. Maria a N ed attraversano per una lunghezza di circa 7 km i terreni delle formazioni di tipo toscano del Giurese inferiore e medio.

3) **l:** *Ignimbriti, reoignimbriti e colate di lava riolitica a cordierite.*

Affiorano tra la strada S. Vincenzo - S. Carlo a S e la Torre di Donoratico a N.

4) **fq:** *Filoni idrotermali a ganga prevalentemente quarzosa.* Ne sono stati identificati diversi tipi: con solfuri misti a Massa Marittima; metasomatici sui calcari delle formazioni di tipo toscano, in prevalenza sui calcari norico-retici nelle tavolette Montioni e Frassine e sui calcari selciferi a Monterotondo M.mo e a Sasso Pisano; con calcite, dolomite, e scarsa mineralizzazione a galena e blenda nella zona de La Sassa (tavoletta Guardistallo); con calcedonio e magnesite nelle serpentine affioranti sulla sinistra del T. Sterza nelle tavolette Monteverdi M.mo e Micciano. Le radiolariti affioranti nelle aree interessate dalle manifestazioni idrotermali assumono un colore bianco con fioriture gialle di zolfo.

## V — TETTONICA

La complessità strutturale dell'area del F. Massa Marittima impone di considerare separatamente le strutture tettoniche del Neoautoctono, quelle della «copertura» e quelle del «basamento». Le prime sono relativamente semplici, in quanto il Neoautoctono è stato interessato soltanto dai movimenti prevalentemente verticali delle fasi tettoniche tardive, le altre sono più complesse perché sono il risultato specialmente di movimenti tangenziali.

Per «basamento» si intende la parte basale della serie toscana sottostante alla formazione evaporitica del Norico-Retico. Costituiscono la «copertura» tutte le formazioni superiori a quest'ultima, e precisamente la serie toscana dai calcari neri del Retico-Hettangiano (**Te**) al Macigno (**mg**) e i gruppi alloctoni liguri (dell'Alberese, del Flysch cretaceo e delle Argille scagliose ofiolitifere).

La formazione evaporitica, di comportamento plastico, dovuto specialmente agli strati di anidrite, è sede dello scollamento principale che separa il basamento dalla copertura; questa ha strutture diverse e in generale più complesse.

Dai numerosi sondaggi è risultato che la formazione evaporitica ha spessori molto variabili, per es. da 0 a 1000 m, anche su brevi distanze, fatto attribuibile a locali accumuli o laminazioni dovuti ai movimenti di traslazione della copertura rispetto al substrato.

L'evoluzione tettonica ha avuto luogo attraverso fasi distinte nel tempo e diverse per i tipi di deformazione.

Una prima fase tettonica è documentata dalla giacitura discordante della formazione di Lanciaia (Paleocene medio-Eocene inferiore) sul

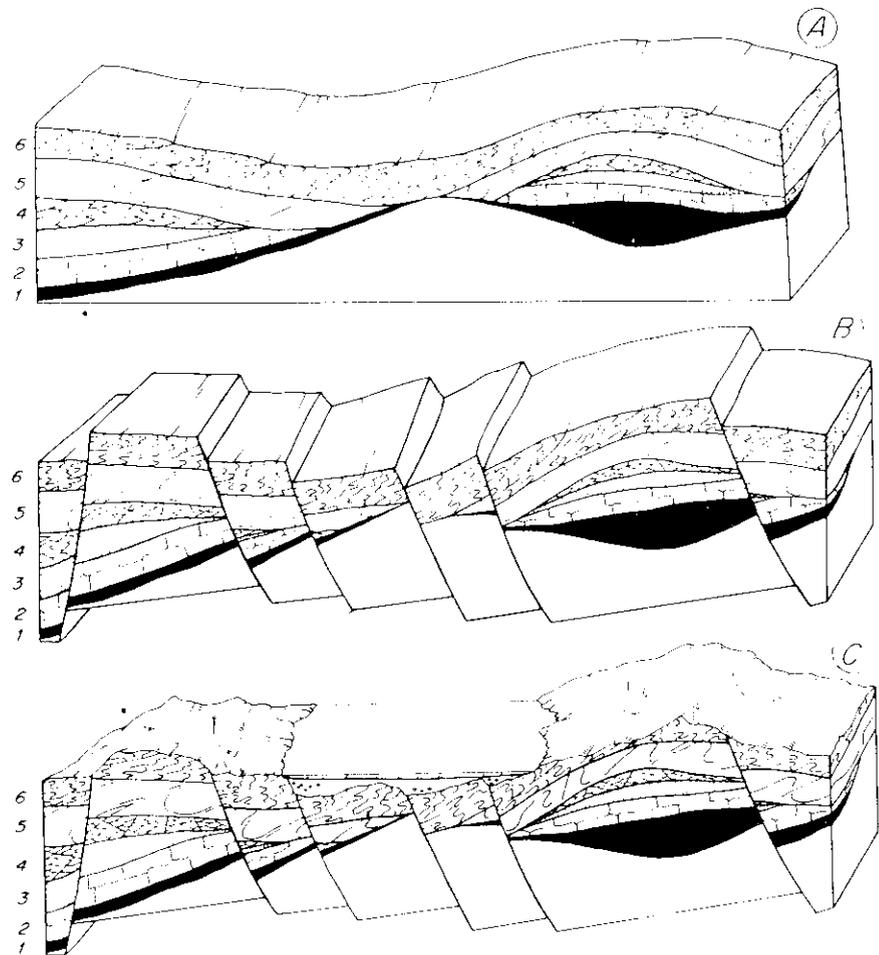


FIG. 10) Stereogrammi illustranti tre fasi dell'evoluzione tettonica nell'area del foglio 119: Massa Marittima.

In A è rappresentata la situazione geologica dopo la messa in posto dei gruppi alloctoni ed i conseguenti fenomeni di laminazione. In B è rappresentata la situazione precedente modificata dalla fase tettonica postorossimale. In C è schematizzata la deposizione dei sedimenti neoautoctoni.

In bianco il substrato: 1, depositi evaporitici del Trias superiore; 2, formazioni di tipo toscano (dal calcare massiccio agli scisti argillosi polieromi); 3, macigno; 4, gruppo dell'Alberese; 5, gruppo del Flysch cretaceo; 6, complesso delle argille scagliose ofiolitifere. Al centro dello stereogramma C è schematizzato il bacino della sedimentazione neoautoctona.

complesso ofiolitifero già deformato (fig. 3). Tale fase è databile al Cretaceo superiore ed è anteriore alla messa in posto dei gruppi alloctoni; i movimenti pertanto sono avvenuti in aree a occidente della zona in esame, considerato che in essa e nelle regioni più ad Est nel Paleocene-Eocene sedimentava la formazione della Scaglia toscana e umbro marchi-giana.

La sedimentazione del Macigno della serie toscana è stata interrotta dall'arrivo dei gruppi alloctoni (Alberese, Flysch cretaceo, Argille scagliose ofiolitifere). È questa la fase parossismale della tettonica. È probabile che dapprima sia arrivato il gruppo dell'Alberese (come suggeriscono gli olistostromi verso il tetto del Macigno, che sono costituiti soltanto da materiali di questo gruppo) e successivamente gli altri due gruppi già almeno in parte accavallati.

Dopo l'arrivo dei gruppi alloctoni, e probabilmente dopo una ripresa del movimento di traslazione, il quadro strutturale può essere immaginato come nello stereogramma A della fig. 10.

In tale momento la parte della serie toscana sovrastante alle evaporiti entra a far parte della copertura, in quanto si manifesta lo scollamento lungo la formazione evaporitica stessa.

Per effetto dello scollamento e della traslazione in alcune aree tutta la successione si conserva pressoché completa, con accumulo della formazione evaporitica (Monterotondo Marittimo), in altre la stessa si riduce a zero e il gruppo ofiolitico viene direttamente in contatto col basamento (A della fig. 10 e Sez. 2 della fig. 11).

Nello schizzo B della fig. 10 è rappresentata la situazione modificata dalle faglie delle fasi tettoniche tardive. Da notare un fatto che risulta chiaramente nella zona di Monterotondo Marittimo, dove le conoscenze delle strutture profonde sono documentate da un grande numero di sondaggi, e cioè che ad un «alto tettonico» della copertura corrisponde in profondità un «basso tettonico» del basamento.

Nello schizzo C della fig. 10 è schematizzata la situazione durante la deposizione dei terreni neòautoctoni. La subsidenza che ha determinato in un primo tempo i bacini lacustri e poi la trasgressione marina è avvenuta per compartimenti delimitati da faglie dirette, che testimoniano

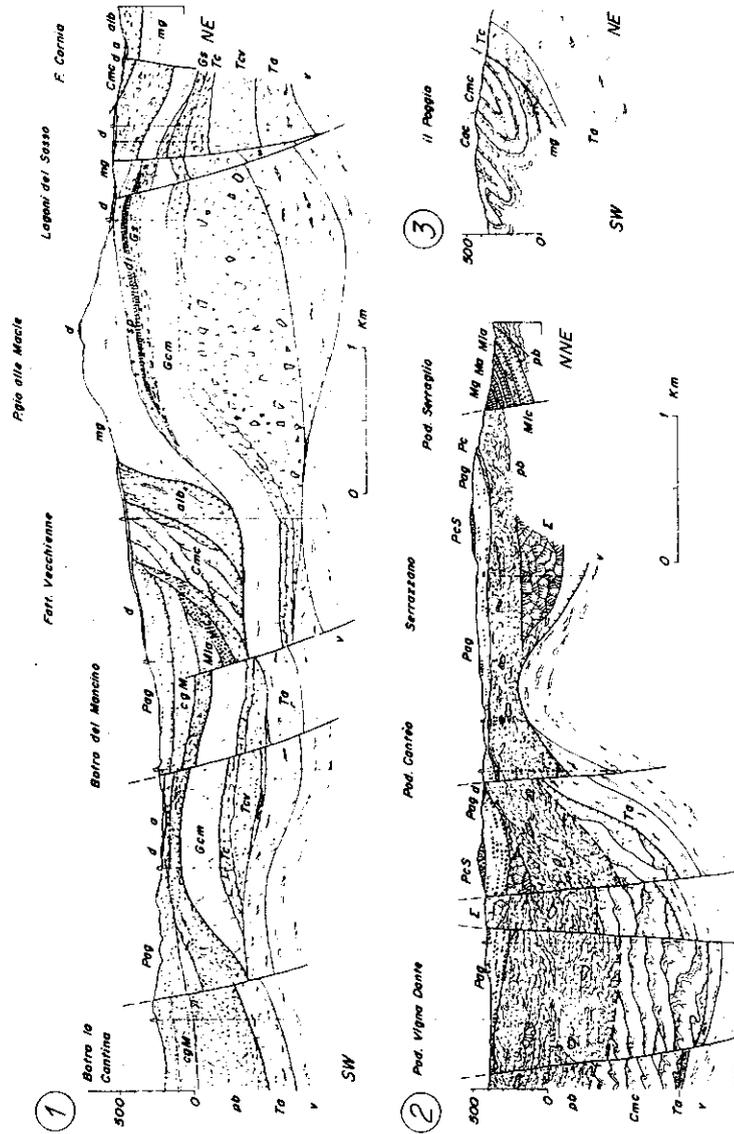


FIG. 11) Sezioni geologiche eseguite con l'aiuto dei dati di vari sondaggi, illustranti le disarmonie tra il basamento e la copertura ed i rapporti intercorrenti fra i vari gruppi di formazioni. La sezione 3 mette in evidenza lo stile tettonico del gruppo del Flysch cretaceo in una zona particolarmente favorevole.  
Formazioni di tipo toscano: v, scisti filitici e quarziticci («Verrucano»); Ta, anidrite e dolomia a strati alterni; Tcv, calcari neri brecciati e calcari cavernosi; Te, calcari neri stratificati; Gcm, calcari massicci; Cs, calcari selciferi; di, radiolariti; sp, scisti argillosi policromi; mg, macigno. Gruppo dell'Alberese: alb, argille silteose con intercalazioni calcaree. Gruppo del Flysch cretaceo: Cac, argille silteose grigio-scure con calcari; Cmc, Flysch calcareo marnoso. Complesso delle argille scagliose ofiolitifere; Σ, serpentine; pb, argille a palom-bini. Depositi neogenici; Mic, conglomerati lacustri; Mia, argille lignitifere lacustri; Ma, argille a *Pycnodonta navicularis*; Mg, gessi; CGM, conglomerati poligenici di Montebamboli; Pe, calcari detritico-organogeni e sabbie; Pug, argille azzurre marine con *Pycnodonta navicularis*; PeS, conglomerati poligenici di Serrazzano; a, alluvioni recenti; d, detriti.

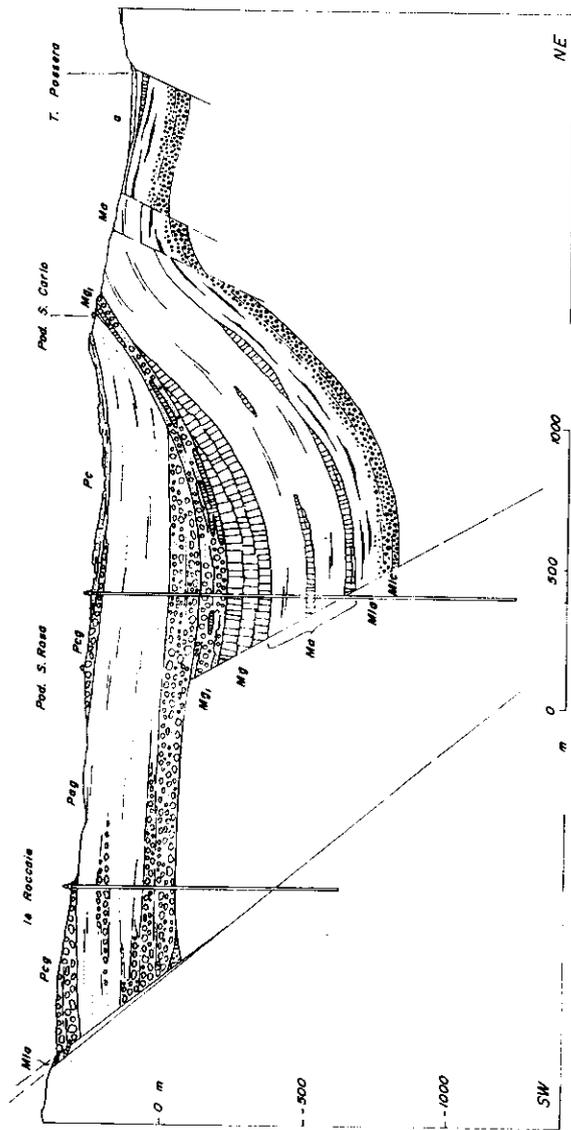


FIG. 12) Sezione geologica attraverso i depositi neogenici del bacino di Pomarance, ricostruita anche con i dati di due sondaggi. Per mezzo di questi è stata accertata la presenza di una faglia che ha cessato di essere attiva alla fine del Miocene.

**Mlc**, conglomerati lacustri; **Mla**, argille lignitifere lacustri; **Ma**, argille a *Pycnodonta navicularis*; **Mg**, gessi; **Mli**, gessi, argille e conglomerati con ciottoli di apilite porfirica, porfido granitico e gesso; **Peg**, conglomerati e lenti di argille con fossili marini; **Pag**, argille azzurre marine con *Pycnodonta navicularis*; **Pc**, calcarei detritico-organogeni e sabbie; **a**, alluvioni recenti.

movimenti di tipo distensivo. Le faglie sono state attive a varie riprese. Le sezioni delle figg. 11, 12 mostrano esempi di faglie nelle quali è databile il momento in cui hanno cessato di essere attive. Per altri esempi si rinvia alla bibliografia.

Lo stile della tettonica tardiva, caratterizzato da gradinate di faglie dirette e da movimenti di tipo prevalentemente rigido dei blocchi limitati dalle faglie, è molto chiaro nelle placche di terreni neoautoctoni, ma è riconoscibile dovunque, e con particolare risalto nel gruppo montuoso di Campiglia Marittima, che è l'area maggiore dove la parte di serie toscana appartenente alla copertura si è conservata integra. È da presumere che non sia scollata dal substrato oppure abbia subito una traslazione su di esso di entità non grande, perché ha una struttura semplice, riferibile alla fase tardiva con faglie in direzione appenninica e meridiana, come è illustrato dalla fig. 13.

I filoni hanno le stesse direzioni, da cui è logico dedurre che al tempo dell'intrusione granitica e dei filoni la tettonica tardiva di distensione era già in atto.

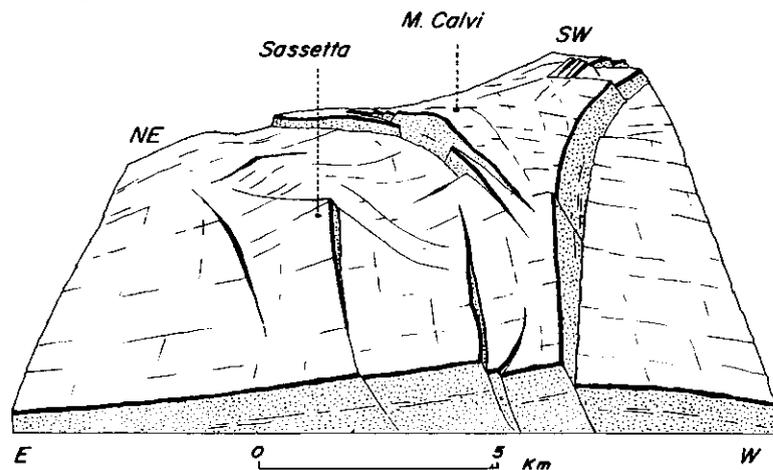


FIG. 13) Stereogramma del gruppo montuoso di Campiglia Marittima visto da Nord. In esso è osservabile lo stile della tettonica tardiva caratterizzato da gradinate di faglie dirette e da movimenti di tipo rigido dei blocchi limitati dalle faglie.

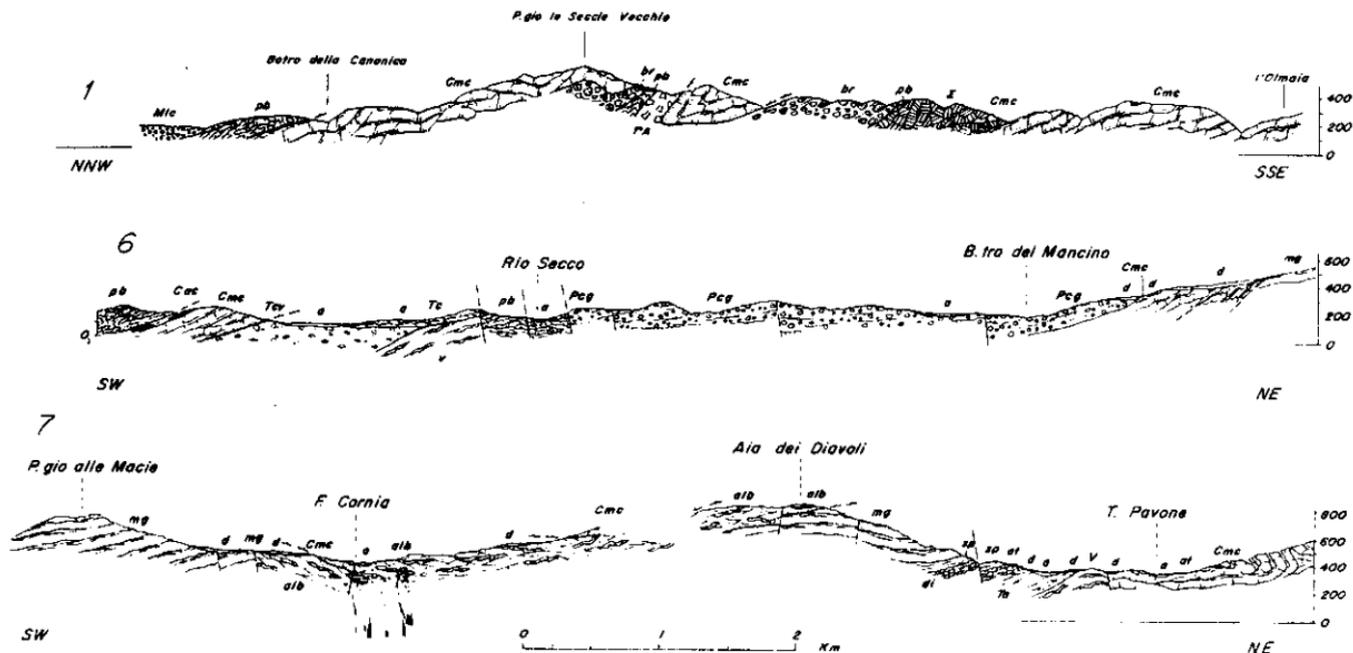
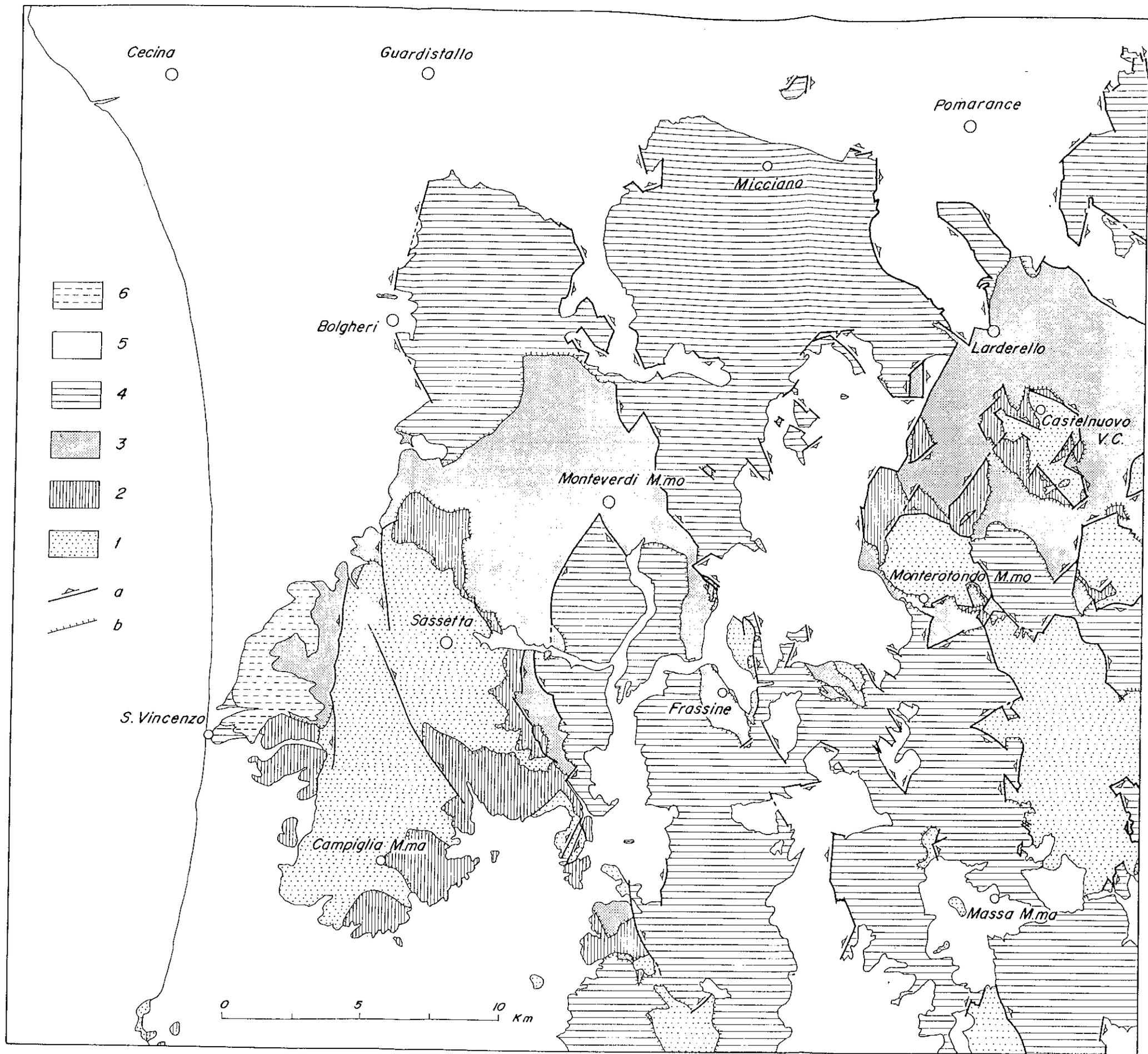


FIG. 14) 1) Sezione geologica attraverso le tavolette Guardistallo e Bolgheri, illustrante lo stile tettonico delle formazioni alloctone.  $\Sigma$  serpentine;  $\Gamma$  gabbri con filoni di porfirite diabasica; **pb**, argille a palombini; **br**, breccie sedimentarie poligeniche; **Cmc**, Flysch calcareo marnoso; **Mlc**, conglomerati lacustri.

6-7) Sezioni geologiche attraverso le tavolette Frassine e Castelnuovo di Val di Cècina. Pur essendo separate e numerate diversamente le due sezioni sono rappresentate da una unica traccia sulla carta geologica al 100.000, essendo l'una sul prolungamento dell'altra; **v**, scisti filladici e quarziti («Verrucano»); **Tev**, calcari neri brecciati e calcari cavernosi; **Te**, calcari neri stratificati; **di**, radiolariti; **sp**, scisti argillosi policromi; **mg**, macigno; **alb**, argille siltose e rare intercalazioni calcaree; **Cac**, argille siltose con calcari; **Cmc**, Flysch calcareo marnoso; **pb**, argille a palombini; **Pcg**, conglomerati poligenici con lenti di argille con fossili marini; **at**, depositi alluvionali terrazzati; **a**, alluvioni recenti; **d**, detriti.



TAV. I Schema tettonico del F<sup>o</sup> 119-Massa Marittima. 1) Formazioni di tipo toscano; 2) Gruppo dell'Alberese; 3) Gruppo del Flysch cretaceo; 4) Complesso delle argille scagliose ofiolitifere; 5) Depositi neoautoctoni; 6) Vulcaniti.

Le linee a tratto più marcato rappresentano le faglie, il triangolo indica il lato abbassato. Le linee dentellate indicano contatti tettonici per sovrascorrimento tra gruppi di formazioni.

## VI — MORFOLOGIA

La fig. 15 mostra i lineamenti principali della rete idrografica ed i relativi spartiacque. Una vasta fascia verso il mare contiene un notevole numero di bacini minori tra il Cècina e il Cornia; la parte settentrionale è tributaria del Cècina; l'area rimanente comprende quasi per intero il bacino del Cornia e una parte degli alti bacini del Pecora e del Bruna.

La fascia dei bacini minori è caratterizzata dalla presenza di una pianura costiera orlata di dune, nella quale la parte più bassa è di recente alluvionamento; la pianura si eleva dolcemente verso E, dove affiorano depositi quaternari marini che, specialmente nelle parti più a N, si raccordano con la superficie di regressione che segna la fine del ciclo sedimentario pliocenico. In questa fascia l'idrografia ha un andamento conseguente con valli per lo più poco incise e sub-parallele.

Negli altri bacini la rete idrografica è invece arborescente. La presenza di terreni di scarsa coesione, capaci pertanto di fornire abbondante apporto solido ai corsi d'acqua, favorisce l'alluvionamento, cosicché i depositi alluvionali di fondovalle si estendono, nei corsi d'acqua principali, fino quasi alle origini.

Nei dintorni di Massa Marittima, M. TONGIORGI (1958) ha illustrato alcuni fenomeni di cattura da parte del T. Zanca (bacino del Bruna) e del T. Ritorto (bacino del Cornia) a spese di una parte del bacino del Pecora, mettendo in relazione le variazioni della rete idrografica con sollevamenti durante il Quaternario di entità diversa in diversi settori. Il Piano della Ghirlanda, a NE di Massa Marittima, coi suoi depositi di alluvioni grossolane terrazzate che si estendono verso E, rappresenta una tipica valle morta in seguito a cattura.

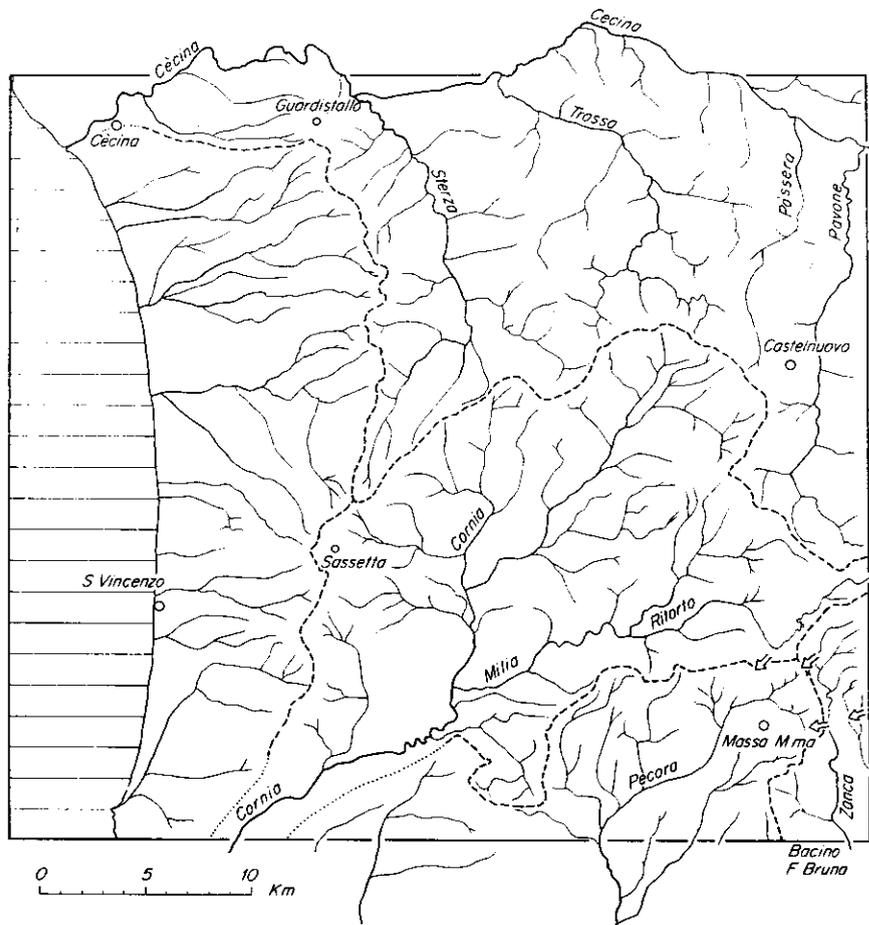


FIG. 15) La rete idrografica nell'area del F° Massa Marittima con l'indicazione degli spartiacque dei bacini principali. Le frecce in basso a destra indicano il tracciato di antiche valli precedenti alle catture.

I maggiori rilievi sono dovuti alle condizioni strutturali: il gruppo dei Monti di Campiglia, culminante col Monte Calvi (m 646) e che si presenta come mole isolata emergente da un paesaggio collinoso, corrisponde ad una elevazione tettonica, limitata da faglie dirette, che si accompagna al plutone granodioritico.

Anche nelle parti più occidentali i rilievi più alti (per es. Poggio Mutti, m 808) corrispondono a blocchi nei quali la serie toscana è completa, emergenti dai gruppi alloctoni che ne fasciano la base.

Al di fuori degli affioramenti della serie toscana, dove è frequente la morfologia con pareti ripide e nude tipiche del paesaggio calcareo, l'aspetto morfologico è caratterizzato da versanti poco ripidi e da quelle forme irregolari che sono la conseguenza di una grande eterogeneità di terreni, in prevalenza di scarsa coesione.

## VII — GEOLOGIA APPLICATA

### 1) Cave

Cave di materiali calcarei si trovano in diverse formazioni. Nel calcare massiccio saccaroide del Lias inferiore dei Monti di Campiglia sono aperte nel territorio di S. Carlo cave per uso dell'industria chimica; più a sud altre cave forniscono calcare per gli altiforni.

Cave di materiale per costruzione e di pietrisco calcareo sono aperte nel calcare rosso ammonitico e nel calcare selcifero presso Sassetta; nelle marne a *Posidonia* presso Lumiere; nei calcari del gruppo dell'Alberese lungo la strada che dalla Venturina sale a Campiglia Marittima e lungo la strada Venturina-Suvereto ai piedi del Monte Pitti; nel calcare a Calpionelle presso Canneto.

Cave di alabastro nei depositi evaporitici del Miocene superiore si trovano a NW di La Sassa (Poggio di Faltona) e altre numerose nei dintorni di Pomarance.

Le ignimbriti stratificate a NE di S. Vincenzo sono estratte come materiale da costruzione.

### 2) Miniere\*

L'area del Foglio Massa Marittima ricade, coi giacimenti dei dintorni della città di Massa, nel Distretto Minerario di Grosseto e coi giacimenti del Campigliese nel Distretto Minerario di Firenze.

Dei giacimenti del territorio di Massa Marittima, descritti in detta-

\* Si ringrazia G. DESSAU per la collaborazione offerta alla stesura di questo paragrafo.

glio da B. LOTTI (1893), il più noto è il fascio di filoni di Fenice-Capanne Vecchie, che si estende a sud della città per circa 4 km, sino a entrare nel contiguo foglio di Piombino: la direzione media è circa N-S, l'immersione di circa 45° ad E. I filoni, la cui parte coltivata è in assoluta prevalenza entro le argille scagliose ofiolitifere, sono a ganga di quarzo e sono accompagnati da imponenti fenomeni di silicizzazione e silicatizzazione delle rocce incassanti. I minerali utili variano da punto a punto. L'intensa attività che fece di Massa Marittima un importantissimo centro minerario dapprima all'epoca etrusca, e poi dall'XI al XIV secolo, si svolse principalmente nelle porzioni a galena riccamente argentifera e subordinatamente ai minerali di rame. Nella seconda metà del secolo passato furono in coltivazione le zone più cuprifere. Oggi è in attività la sola miniera dell'Accesa; dal rinfuso di miniera, con tenori dell'ordine di 4,5% di Zn, 1% di Pb, 0,4% di Cu e 7,5% di Fe (quest'ultimo legato a pirite e calcopirite), si ricavano annualmente circa 500 t di galena con 1 kg di Ag per t, circa 400 t di blenda, un migliaio di t di minerale di rame al 5% di Cu, e circa 5000 t di pirite.

La più importante attività mineraria della zona si svolge attualmente alla miniera di Niccioleta che, con la sua produzione di circa 600.000 t di pirite al 39-40% di zolfo (che non viene arricchita), è una delle due massime miniere di pirite in Italia. Notevoli riserve assicurano alla miniera molti anni di vita. La pirite, di eccezionale purezza per assenza di Cu, As, Zn, Sb, ecc. e che nello stabilimento di Follonica viene trasformata in minerale di ferro e acido solforico, con concomitante produzione di energia elettrica, si trova in lenti sia al contatto tra Verrucano e serie evaporitica, sia entro il Verrucano stesso, in corrispondenza di intercalazioni dolomitiche e anidritiche, sempre tagliate da zone di disturbo e faglie di andamento appenninico. Si può stimare che oggi 4/5 della produzione provengano dalle lenti nel Verrucano. In profondità compare ed aumenta, frammista alla pirite, la magnetite.

Discendendo nei filoni di Fenice-Capanne Vecchie compaiono silicati di contatto, che in profondità appaiono come grosse lenti di *skarn* a pirosseno, granato, epidoto e feldspati. Questi prodotti del metamorfismo di contatto, abbondanti anche nel giacimento non lontano di Niccio-

leta, sono un argomento a favore di una derivazione magmatica dei giacimenti in rapporto ai graniti; questi affiorano nel contiguo foglio di Piombino (Gavorrano) e alla Niccioleta si presumono esistenti a non grande profondità.

Non si può considerare provata l'ipotesi di P. DE WIJKERSLOOTH (1930) che i giacimenti lenticolari di pirite rappresentino originari depositi telemagmatici sintettonici, (lungo le grandi superfici di scorrimento), di siderite trasformata poi per metamorfismo dinamico in ematite e magnetite, ed infine convertita in solfuro da  $H_2S$  emesso in concomitanza con una fase metallogenica post-tettonica. Ancor meno accettabile è l'ipotesi di J. BODECHTEL (1965), che i giacimenti di pirite siano stati in origine depositi esalativo-sedimentari di ambiente marino, successivamente metamorfosati dai graniti.

L'altro centro minerario del Foglio di Massa Marittima è Campiglia Marittima ed ha avuto eccezionale importanza al tempo degli Etruschi, che vi escavarono minerali di stagno, piombo argentifero e rame.

La cassiterite vi si trovava alle Cento Camerelle — nome allusivo agli antichi scavi etruschi — sia ad accompagnare vene limonitiche nel calcare liassico, sia in minute disseminazioni nel medesimo e nei soprastanti scisti marnosi del Dogger. Nei calcari alla cassiterite era associata pirite e raramente altri solfuri; negli scisti marnosi aghi microscopici di tormalina.

Il giacimento è evidentemente legato alla granodiorite che, affiorante 2,5 km a NW venne ritrovata con una trivellazione a 1150 metri di profondità sotto gli affioramenti. Moderne riprese delle coltivazioni hanno avuto scarsa fortuna, ed anche se sono in corso tentativi per sfruttare pilastri abbandonati nelle medesime, il giacimento è da considerarsi esaurito.

Le antiche coltivazioni per piombo e rame si svolgevano entro masse allungate di silicati (pirosseni manganesiferi tra i quali prevalente la johannsenite, granato, ilvaite, epidoto, ecc.), che si trovano nel calcare liassico ricristallizzato, e che contengono galena, blenda, pirite e calcopirite. Queste masse di *skarn* seguono, a contatto od a breve distanza ma con la medesima giacitura, due filoni di porfido augitico, che con direzione N-S corrono nel calcare per alcuni chilometri. Secondo M. BER-

TOLANI (1958), dal quale desumiamo questi dati a completamento della monografia di A. STELLA (1955), i filoni porfirici sono di poco posteriori alle masse di *skarn*, e tutti i giacimenti del Campigliese appartengono al gruppo di transizione pneumatolitico-idrotermale.

I due centri principali di sfruttamento dei solfuri erano la miniera del Temperino, più vicina alla città di Campiglia e prevalentemente cuprifera, con ganga principalmente ilvaite; e la miniera del Piombo e dei Lanzi più a N, dove predominano blenda e galena in ganga di pirosseni raggiati. Una recentissima esplorazione del giacimento del Piombo e dei Lanzi, sino alla profondità di circa  $Q + 150$ , non ha messo in vista ulteriori riserve di minerali metalliferi, con conseguente sospensione dei lavori minerari. Invece la miniera del Temperino è in attività, con produzione annua dell'ordine di 1500 t di calcopirite al 24% di Cu e 1 kg di Ag per t, e sufficienti riserve.

L'industria dell'estrazione della lignite, sempre modestissima, è oggi completamente cessata; e così pure le ricerche di rame nelle ofioliti.

### 3) Soffioni

La presenza di acido borico nei «soffioni» di Larderello fu scoperta nella seconda metà del 1700 e la sua utilizzazione risale al principio del secolo scorso. Con la creazione di nuovi soffioni ottenuti con trivellazioni è apparsa la possibilità di utilizzare i vapori anche come sorgente di energia. Lo sfruttamento dell'energia mediante turbine è iniziato nel 1913. Dopo di allora, e specialmente dopo la scoperta di ricchi giacimenti di minerali boriferi in Turchia e negli U.S.A., l'estrazione dell'acido borico è diminuita di importanza fino a scomparire, mentre ha preso il sopravvento la produzione di energia elettrica.

Il fluido prodotto dai pozzi è una miscela di vapor acqueo surriscaldato, con anidride carbonica, idrogeno solforato e minori quantità di altri gas. Le temperature dei vari pozzi si aggirano intorno a  $200^{\circ}C$  e le pressioni variano da 2,6 a 5,9 atmosfere.

Di regola all'esplosione dei pozzi, la  $CO_2$  si presentava con l'80% in peso, riducendosi poi in pochi anni al 3-5%.

Le aree produttive, raggruppate per caratteri geologici, sono: Larde-

rello-Castelnuovo-Serrazzano; Valle Secolo; Lagoni rossi; Lago; Lustinano; Sasso Pisano-Monterotondo. Questi luoghi corrispondono al margine NW dell'area Massa Marittima-Boccheggiano caratterizzata da una forte anomalia positiva del gradiente geotermico, attribuita a un plutone granitico recente profondo più di 2000 metri.

Il vapore ha origine da una circolazione profonda, alimentata da acque meteoriche. Sede principale della circolazione è la formazione evaporitica del Norico-Retico e le formazioni calcaree giurassiche della serie toscana, cioè una fascia di terreni permeabili racchiusi tra il basamento e i gruppi alloctoni, impermeabili.

Le maggiori produzioni di vapore si hanno in corrispondenza delle faglie e dove la copertura impermeabile ha spessori minori. I grandi spessori della formazione evaporitica hanno invece influenza negativa sulla produzione.

Prima della distruzione per eventi bellici (1944) delle installazioni, la capacità complessiva degli impianti delle aree produttive sopra nominate era di 136.000 kw. L'incremento della produzione di vapore e di energia negli ultimi anni si può così riassumere:

Anno	Produzione vapore tonnellate/ora	Potenza elettrica kw
1956	2598,5	187.501
1966	2976,0	266.142

#### 4) Idrologia

Nell'area del Foglio Massa Marittima il valore delle precipitazioni medie annue varia da circa 700 mm a poco più di 1000. Nel trentennio 1921-1950 le stazioni che hanno registrato le medie annue minori sono state Venturina, con 725 mm e San Vincenzo con 729, cioè quelle nella pianura costiera; le medie più elevate si sono verificate a Sasso Pisano con 1000 mm e a Castelnuovo Val di Cecina con 1016 mm. Quest'ultima stazione si trova alla quota più elevata di tutte le altre, cioè a m 535. Secondo le carte ufficiali solo una piccola area a est di Castelnuovo e Sasso Pisano, fino al margine del foglio, riceve precipitazioni medie annue

superiori a 1000 mm. In realtà anche i Monti di Campiglia (da Monte Calvi a Capo di Monte) e la dorsale a est di Bolgheri (da Poggio al Bastione a Poggio al Pruno) nelle loro parti più elevate superano i 1000 mm di media annua, come si ricava determinando l'incremento medio della pioggia con l'altitudine, che risulta in questa zona di poco più di 50 mm per ogni 100 m.

Per quanto riguarda la distribuzione delle piogge nell'anno essa è rappresentata nella fig. 16.

La prevalenza di rocce impermeabili determina un regime torrentizio molto accentuato nei corsi d'acqua; i depositi alluvionali di fondo

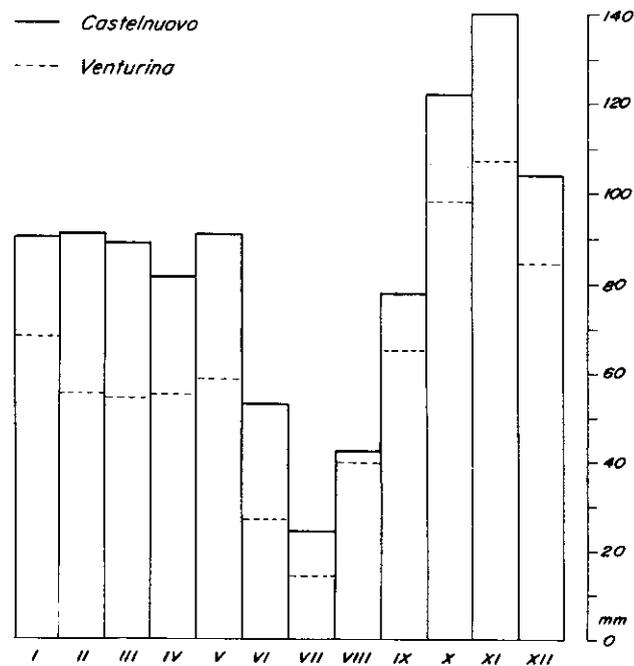


FIG. 16) Distribuzione mensile della pioggia nelle due stazioni di Venturina e di Castelnuovo di Val di Cecina, cioè delle due stazioni con valori estremi. I dati si riferiscono alla media del trentennio 1921-1950.

valle si estendono dovunque molto a monte, cosicché nei periodi più secchi gli alvei rimangono asciutti, mentre permangono acque subalvee più o meno abbondanti.

Il Cornia rimane spesso e per periodi di oltre un mese senza deflussi superficiali; la larga pianura del suo basso corso è però ricca di acque artesiane, appartenenti per lo più a una falda ciottolosa coperta da depositi argillosi, che si trova a profondità intorno a 40-50 metri.

Anche i depositi alluvionali della valle del Cècina e dei suoi affluenti contengono una falda subalvea che però contiene acqua con salinità elevata perché proveniente dal dilavamento dei depositi evaporitici del Miocene superiore.

#### SORGENTI MINERALI E TERMOMINERALI

Le sorgenti comuni sono molto scarse a causa della prevalente impermeabilità dei terreni; in corrispondenza dei maggiori affioramenti calcarei si hanno per lo più sorgenti di acque termominerali. Altre sorgenti minerali, con portate minori, sono legate ad altri terreni. Le sorgenti minerali sono qui sotto elencate in ordine alfabetico.

*Bibbona:* Nei pressi del paese scaturisce l'«Acqua Sabinia», sulfurea salsobromoiodica, usata per bibita a scopo medico. Temperatura 18°, 2C; residuo secco 16,4 g/l.

*Castelnuovo:* Dal flysch cretaceo sgorga la sorgente S. Luigi o «Acqua di S. Luigi» ferruginosa a 33°C.

*Campiglia Marittima:* Le acque scaturiscono al margine SW degli affioramenti calcarei del gruppo montuoso di Campiglia Marittima. Sono tre gruppi di sorgenti dette della Caldana, che vengono usate per bagni e fanghi; le acque sono solfato-alcalino-terrose. La sorgente del Bottaccio ha una temperatura di 37°C. Le sorgenti Bagno Caterina hanno una temperatura di 41-44°C. La portata maggiore appartiene alla Bottaccio con 155 l/sec. in magra. Non è utilizzata la sorgente Canneto (32-37°C).

*Massa Marittima:* In località Venelle al contatto tra il calcare cavernoso e le argille a palombini del complesso ofiolitifero scaturisce una sorgente

di acqua solfo-ferruginosa con portata di 0,5 l/sec. e temperatura di 24-27°C. Altre due polle costituiscono la sorgente della Aronna con portata di 8,5 l/sec. e temperatura di 22°C. Altra sorgente debolmente sulfurea a 25°C si trova presso Montioni Allumiere.

*Monterotondo Marittimo:* «Acqua forte di Monterotondo», acidula a 46°C. «Pelaghe», acidulo-ferruginosa a 37°,5C situata presso il Bagno di Monterotondo, che raccoglie a sua volta tre sorgenti a 43°,4C, della portata complessiva di 0,8 l/sec. «Edificio del Vetriolo» a 30°C.

*Pomarance:* Tre sorgenti di acque sulfuree di composizione simile (Acqua della Rogna a 34°C, Acqua di S. Giuseppe a 44°,5 C, una terza a 51°C). Nei pressi di Bagno al Morbo scaturisce la sorgente di S. Luigi al Morbo, acidulo-ferruginosa a 18°C e altre minori con temperature varie (1 km a sud di Larderello). Alcune delle numerose sorgenti nel territorio del Comune di Pomarance sono usate per bagni, la sola «Perla» è usata per bibita (temperatura 45°,5C).

#### 5) Frane

Nell'area del Foglio Massa Marittima sono state riconosciute e cartografate frane di età sia pliocenica sia quaternaria.

Tra le frane di età più recente, quelle di maggiore entità hanno avuto sede nelle formazioni delle argille a palombini e del flysch calcareo-marnoso del Cretaceo. A causa del loro assetto tettonico fortemente scompaginato e per la loro stessa costituzione litologica, questi sedimenti risultano facilmente soggetti a movimenti franosi; gli strati calcarei favoriscono la penetrazione delle acque del sottosuolo dove le argille possono arrivare alla fluidità e dare origine quindi a frane di scivolamento. Le frane si trovano più frequentemente ai margini dei «Graben», dove le faglie recenti hanno determinato gradini nella morfologia. Tra le formazioni di tipo toscano il «macigno», quando è attraversato da una fitta rete di fratture, può originare frane, che tuttavia nell'area del foglio non sono mai di grande entità.

Frane per crollo sono frequenti nelle pareti più ripide delle ofioliti e in alcune pareti con strati disposti a reggipoggio nel calcare friabile pliocenico. Frane per scoscendimento hanno luogo nelle argille plioceniche e in quelle mioceniche sottostanti ai gessi.

Data di presentazione del manoscritto: febbraio 1968

Ultime bozze restituite il: 15 ottobre 1968.

## VIII — BIBLIOGRAFIA

- BALDACCI F., ELTER P., GIANNINI E., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., NARDI R., TONGIORGI M. (1967) - *Nuove osservazioni sul problema della falda toscana e sull'interpretazione dei flysch arenacei tipo «macigno» dell'Appennino settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., 6 (2). Pisa.
- BANNINO E., CERRINA FERONI A. (1967) - *Stratigrafia delle formazioni alloctone della Toscana Marittima. 3 - Studio stratigrafico di una sezione presso Monterdi Marittimo (Pisa)*. Boll. Soc. Geol. It., 86 (2). Roma.
- BERTOLANI M. (1965) - *Osservazioni sulle mineralizzazioni metallifere del Campigliese (Livorno)*. Per. di Min., 27 (2-3). Roma.
- BODECHTEL J. (1965) - *Zur Genese des Eisenerze der Toskana und der Insel Elba*. N. Jahrb. Min., Abh. 103. Stuttgart.
- BORTOLOTTI V. (1964) - *Nota illustrativa della carta della distribuzione geografica della formazione di Monte Morello (Alberese)*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (4). Pisa.
- BRANDI G. P., SQUARCI P., TAFFI L. (1966) - *Contributo alla conoscenza delle formazioni alloctone della Toscana Marittima. Il flysch terziario (formazione dell'Alberese) di Campiglia Marittima (prov. di Livorno)*. Boll. Soc. Geol. It., 85 (3-4). Roma.
- CATALDI R., STEFANI G., TONGIORGI M. (1963) - *Geology of Larderello region (Tuscany): contribution to the study of the geothermal basins*. Nuclear Geology on Geothermal areas. C.N.R. Pisa.
- CERRAI E., MARCHETTI C., SILVESTRI M. (1952) - *Misura della concentrazione in deuterio dell'acqua di condensa di un soffione boracifero di Larderello*. Nuovo Cimento. 9. Pisa-Bologna.
- CERRINA FERONI A., MAZZANTI R. (1967) - *Stratigrafia delle formazioni alloctone della Toscana Marittima. 4 - La formazione di Lanciata nelle zone di Querceto, Micciano, Libbiano e Fattoria di Monterufoli in Val di Cècina*. Boll. Soc. Geol. It., 86 (4). Roma.
- D'ACHIARDI G. (1926) - *Il ritrovamento dell'anidrite nella regione dei soffioni boriferi a Castelnuovo Val di Cècina*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., 35. Pisa.
- DALLAN L., GIANNINI E., SQUARCI P., TAFFI L. - *La formazione del calcare a Calpio-nelle ligure*. (in corso di stampa).
- DALLAN L., SALVATORINI G. (1967) - *Biostratigrafia del Pliocene della Toscana Marittima*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 74 (2). Pisa.
- DE CASTRO C., PILOTTI C. (1933) - *I giacimenti di lignite della Toscana*. Mem. descr. Carta Geol. d'It., 23. Roma.
- DE STEFANI C. (1876) - *Geologia del Monte Pisano*. Mem. descr. Carta Geol. d'It., 3. Roma.

- DE STEFANI C. (1887) - *Lias inferiore ad Arieti dell'Appennino settentrionale*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 8. Pisa.
- DE WIJKERSLOOTH P. (1930) - *The mineralisation of the Tuscan Mountains in connection with their tectonic evolution*. Proc. K. Akad. Wetensch. 33. Amsterdam.
- DE WIJKERSLOOTH P. (1934) - *Bau und Entwicklung des Apennins besonders der Gebirge Toskanas*. Geol. Inst. Amsterdam.
- FERRARA G. C., GONFIANTINI R., PANICHI C. (1965) - *La composizione isotopica del vapore di alcuni soffioni di Larderello e dell'acqua di alcune sorgenti e mofete della Toscana*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 72 (2). Pisa.
- FRANCALANCI G. P. (1959) - *Contributo per la conoscenza delle manifestazioni idrotermali della Toscana*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 65 (2). Pisa.
- FUCINI A. (1896) - *Fauna del Lias medio del Monte Calvi, presso Campiglia Marittima*. Palaeont. It., 2. Pisa.
- GASPERI G. (1966) - *Rinvenimento di una fauna oligocenica nel macigno del Promontorio di Piombino (Livorno)*. Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, 97. Modena.
- GASPERI G. (1968) - *Geologia del Promontorio di Piombino (Livorno)*. Mem. Soc. Geol. It., 7 (1). Pisa.
- GIANNELLI L., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1965) - *Stratigrafia delle formazioni alloctone della Toscana Marittima. 2 - Studio geologico e micropaleontologico di una sezione fra Sasseta e Monteverdi Marittimo (F° 119-Massa Marittima)*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (3). Pisa.
- GIANNELLI L., SALVATORINI G., TONGIORGI M. (1963) - *Studio micropaleontologico dei depositi marini neogenici del complesso neoautoctono di Perolla (Massa Marittima - Grosseto)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 70 (1). Pisa.
- GIANNINI E. (1955) - *Geologia dei Monti di Campiglia Marittima (Livorno)*. Boll. Soc. Geol. It., 74 (4). Pisa.
- GIANNINI E. (1960) - *Studio di alcune sezioni stratigrafiche nel Miocene superiore delle Colline Livornesi ed osservazioni sui caratteri e sui limiti del Messiniano in Toscana*. Giorn. Geol., Ser. 2, 28. Bologna.
- GIANNINI E. (1962) - *Geologia del bacino della Fine (provincia di Pisa e Livorno)*. Boll. Soc. Geol. It., 82 (2). Pisa.
- GIANNINI E., LAZZAROTTO A. (1967) - *Studio geologico di una sezione tra i Monti di Campiglia Marittima e la parte centro meridionale dei Monti del Chianti*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 74 (1). Pisa.
- GIANNINI E., LAZZAROTTO A., NARDI R. (1967) - *Ipotesi sulla giacitura di lembi di dolomie triassiche negli scisti sericitici varicolori della serie toscana metamorfica*. Boll. Soc. Geol. It., 86 (1). Roma.
- GIANNINI E., NARDI R., TONGIORGI M. (1962) - *Osservazioni sul problema della falda toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 81 (2). Pisa.
- GIANNINI E., TONGIORGI M. (1959a) - *Osservazioni sulla tettonica neogenica della Toscana Marittima*. Boll. Soc. Geol. It., 77 (2). Pisa.
- GIANNINI E., TONGIORGI M. (1959b) - *Stratigrafia neogenica toscana. I: L'arenaria elveziana di Ponsano (Volterra)*. Boll. Soc. Geol. It., 77 (2). Pisa.
- GIANNINI E., TONGIORGI M. (1962) - *Les phases tectoniques neogènes de l'orogénèse alpine dans l'Apennin septentrional*. Bull. Soc. Géol. France, Sér. 7, 4. Paris.
- LAZZAROTTO A. (1966) - *Studio di una microfauna paleocenica nella formazione di Lanciata (Toscana)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 73 (2). Pisa.
- LAZZAROTTO A. (1967) - *Geologia della zona compresa fra l'alta valle del Fiume Cornia ed il Torrente Pavone (prov. di Pisa e Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It., 6 (2). Pisa.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1964) - *Stratigrafia delle formazioni alloctone della Toscana Marittima. 1 - Studio geologico e micropaleontologico di tre sezioni fra le valli di Milia e di Cornia (F° 119, Tav. di Frassinò)*. Boll. Soc. Geol. It., 83 (2). Pisa.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1965a) - *Stratigrafia neogenica toscana: studio geologico di tre sezioni del complesso neoautoctono di Pomarance e Castelnuovo di Val Cècina (provincia di Pisa)*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (3). Pisa.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1965b) - *Sulle caratteristiche di alcune strutture tettoniche frequenti nelle formazioni neoautoctone delle alte valli dei fiumi Cècina, Cornia e Milia*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (5). Pisa.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1966) - *Studio geologico e micropaleontologico di una sezione tra Castelnuovo di Val di Cècina e M. Gabbri (in provincia di Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 73 (2). Pisa.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., SALVATORINI G. (1964) - *Stratigrafia neogenica toscana: esame geologico e micropaleontologico di alcune sezioni del complesso neoautoctono delle valli di Cornia e di Milia*. Boll. Soc. Geol. It., 83 (4). Pisa.
- LEVI G. (1896) - *Sui fossili degli strati a Terebratula aspasia di M. Calvi, presso Campiglia*. Boll. Soc. Geol. It., 15. Roma.
- LOTTI B. (1876) - *Sui terreni lignitiferi del Massetano (Maremma Toscana)*. Boll. R. Com. Geol. d'It., 7 (1-2). Roma.
- LOTTI B. (1886) - *Correlazione di giacitura fra il porfido quarzifero e la trachite quarzifera nei dintorni di Campiglia Marittima e di Castagneto in provincia di Pisa*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 7. Pisa.
- LOTTI B. (1887) - *Le rocce eruttive feldspatiche dei dintorni di Campiglia Marittima*. Boll. R. Com. Geol. d'It., 8 (2). Roma.
- LOTTI B. (1893) - *Descrizione geologico-mineraria dei dintorni di Massa Marittima in Toscana (con carta geol. all'1:50.000)*. Mem. descr. Carta Geol. d'It., 8. Roma.
- LOTTI B. (1906) - *Carta Geologica d'Italia. F° 119, Massa Marittima*. Roma.
- LOTTI B. (1910) - *Geologia della Toscana*. Mem. descr. Carta Geol. d'It., 13. Roma.
- LOTTI B. (1928) - *I soffioni boraciferi della Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 47. Roma.
- MARCHESINI E., PISTOLESI A., BOLOGNINI M. (1962) - *Fracture patterns of the natural steam area of Larderello, Italy from air-photograph*. Symposium Photo Interpretation. Working group 9. Delft.
- MARINELLI G. (1955) - *Le rocce porfiriche dell'Isola d'Elba*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 62 (2). Pisa.
- MARINELLI G. (1959) - *Le intrusioni terziarie dell'Isola d'Elba*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 66. Pisa.
- MARINELLI G. (1961a) - *Les anomalies thermiques et les champs géothermiques dans le cadre des intrusions récentes en Toscane*. Conf. des Nations Unies sur les Sources nouv. d'Énergie.
- MARINELLI G. (1961a) - *Genesi e classificazioni delle vulcaniti recenti toscane*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Ser. A, 68. Pisa.
- MARINELLI G. (1963) - *L'énergie géothermique en Toscane*. Ann. Soc. Géol. Belg., 10 (85). Liegi.
- MAZZANTI R. (1961) - *Geologia della zona di Montaione tra le valli dell'Era e dell'Elsa (Toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., 80 (2). Pisa.
- MAZZANTI R. (1966a) - *Geologia della zona di Monteverdi Marittimo-Canneto (in provincia di Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 73 (2). Pisa.
- MAZZANTI R. (1966b) - *Geologia della zona di Pomarance-Larderello (prov. di Pisa)*. Mem. Soc. Geol. It., 5 (2). Pisa.

MAZZANTI R., SQUARCI P., TAFFI L. (1963) - *Geologia della zona di Montecatini Val di Cècina in provincia di Pisa*. Boll. Soc. Geol. It., 82 (2). Pisa.

MAZZONI A. (1948) - *I soffioni boraciferi toscani e gli impianti della «Larderello»*. Bologna.

MENEGHINI G. (1853) - *Nuovi fossili toscani*. Ann. Univ. Toscane, 3. Pisa.

MERCIAI G. (1904) - *Le acque termali di Caldana presso Campiglia Marittima*. Pisa.

MERCIAI G. (1907) - *Sopra alcuni resti di vertebrati miocenici delle ligniti di Ribolla*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 23. Pisa.

MERCIAI G. (1920) - *Del sottosuolo della pianura di Campiglia Marittima e di alcuni pozzi artesiani recentemente escavati*. Pisa.

MERCIAI G. (1936) - *I marmi di M. Rombolo presso Campiglia Marittima*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 46. Pisa.

MERLA G. (1952) - *Geologia dell'Appennino settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 70 (1). Pisa.

NASINI R. (1930) - *I soffioni ed i lagoni della Toscana e la Industria Boracifera*. Tip. Editrice Italia.

OLIVERO S. (1963) - *Osservazioni sul giacimento di pirite del Ritorto (Massa Marittima - Prov. di Grosseto)*. Boll. Soc. Geol. It., 82 (1). Roma.

PELLOUX A. (1942) - *Sopra alcuni minerali della Toscana. Minerali del giacimento del Ritorto presso Massa Marittima*. Rend. Soc. Min. It., 2. Pavia.

PENTA F. (1954) - *Ricerche e studi sui fenomeni esalativo-idrotermali ed il problema delle «forze endogene»*. Ann. di Geof., 8 (3). Roma.

RODOLICO F. (1931) - *Ricerche sulle rocce eruttive recenti della Toscana. I - Le rocce del Campigliese*. Pisa.

RODOLICO F. (1943-45) - *Ragguagli sul granito del Campigliese*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 51. Pisa.

ROMAGNOLI L. (1954) - *Appunti geologici sulla zona dei Lagoni di Monterotondo Marittimo e Sasso Pisano a sud di Larderello (Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 61. Pisa.

RUGGIERI G. (1957) - *I lembi miocenici del Livornese nel quadro della tettonica dell'Appennino*. Rend. Acc. Sc. Bologna, Ser. 2, 3. Bologna.

SAVI P., MENEGHINI G., (1851) - *Considerazioni sulla geologia della Toscana. In Murchison R.I.: Memoria sulla struttura geologica delle Alpi, degli Appennini e dei Carpazi*. Stamperia Granducale. Firenze.

SELLI R. (1960) - *Il Messiniano Mayer-Eymar, 1867. Proposta di un neostratotipo*. Giorn. Geol., Ser. 2, 28. Bologna.

SIGNORINI R. (1964) - *Sguardo d'insieme alla geologia della Toscana a sud dell'Arno*. Mem. Soc. Geol. It., 4 (1). Bologna.

SIGNORINI R., CENTAMORE E., CONATO V. (1963) - *La Formazione di Lanciaia in Val di Cècina*. Boll. Serv. Geol. d'It., 84. Roma.

SIMONELLI V. (1882) - *Fossili del Lias inferiore di Campiglia Marittima*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Proc. Verb., 5. Pisa.

SIMONELLI V. (1883) - *Faunula del calcare ceroide di Campiglia Marittima*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. 6. Pisa.

SQUARCI P., TAFFI L. (1963) - *Geologia della zona di Chianni-Laiatico-Orciatice (Provincia di Pisa)*. Boll. Soc. Geol. It., 82 (2). Pisa.

STELLA A. (1938) - *Nuovi studi sul giacimento di stagno del Campigliese*. Rend. R. Acc. Naz. Lincei, Ser. 6, 27 (11). Roma.

STELLA A. (1955) - *La miniera di Stagno di Monte Valerio e i giacimenti del Campigliese nel quadro della catena metallifera*. Boll. Soc. Geol. It., 74 (2). Pisa.

TONGIORGI M. (1957) - *Evoluzione della rete idrografica degli alti bacini della Bruna e della Pecora nei dintorni di Massa Marittima*. Boll. Soc. Geol. It., 76 (2). Pisa.

TONGIORGI M. (1963) - *Stratigrafia neogenica toscana: la questione dell'arenaria di Perolla (Massa Marittima-Grosseto)*. Boll. Soc. Geol. It., 82 (2). Pisa.

TREVISAN L. (1951) - *Sul complesso sedimentario del Miocene superiore e del Pliocene della Val di Cècina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e di salgemma*. Boll. Soc. Geol. It., 70 (1). Pisa.

TREVISAN L. (1955) - *Il Trias della Toscana e il problema del Verrucano triassico*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 62 (1). Pisa.

TREVISAN L. (1956) - *Aspetti e problemi del complesso delle «Argille scagliose ofiolitiforme» nei suoi affioramenti occidentali (Toscana Marittima e Liguria)*. Boll. Soc. Geol. It., 75 (3). Roma.

TREVISAN L. (1960-63) - *La paléogéographie du Trias de l'Apennin septentrional et central et ses rapports avec la tectogénèse*. Livre à la Mém. du Prof. P. Fal-lot, 2. Paris.

VALDUGA A. (1960) - *Note al rilevamento geologico dei dintorni di Gerfalco e di Travale*. Boll. Soc. Geol. It., 79 (2). Pisa.

VIGHI L. (1965) - *Descrizione di alcuni sondaggi che hanno attraversato lenti anidritico-dolomitiche intercalate alle filladi triassiche (Verrucano) dei dintorni di Massa Marittima (Grosseto-Toscana)*. Atti Simp. Verrucano; Soc. Tosc. Sc. Nat. Pisa.

WEITHOFER K. A. (1888) - *Alcune osservazioni sulla fauna delle ligniti di Casteani e di Montebamboli (Toscana)*. Boll. R. Com. Geol. d'It., 19. Roma.