

CARATTERI GEOLOGICI E MORFOLOGICI DEL PROMONTORIO ARGENTARIO SECONDO LE ACQUISIZIONI PIÙ RECENTI

Il Monte Argentario, il ben noto promontorio sporgente maestoso dalle falcature sabbiose della costa tosco-laziale, offre, per la sua antica origine e per le sue tormentate vicissitudini, grande varietà di tipi litologici, complesse cicatrici tettoniche e nello stesso tempo scarsità o addirittura assenza di fossili, sicché sono ben comprensibili le controversie e le incertezze durate a lungo sull'età dei suoi terreni e sui suoi lineamenti tettonici, necessari anche per definire e interpretare i suoi aspetti morfologici.

Studiato fino dalla seconda metà del secolo scorso dal Meneghini, dal Cocchi, dal D'Achiardi, dal Forsyth-Major, dal Lotti e più attentamente nel nostro secolo ancora dal Lotti (1910), dal Fucini (1912), che ne delineò la prima carta geologica a grande scala, e dal Braun (1914), nessuno se n'è più occupato fino al 1950, quando è stato ripreso in esame con novità di indirizzi e metodi moderni soprattutto dalla scuola geologica e mineralogica pisana, le cui ricerche hanno portato a nuove acquisizioni e alla delineazione di una precisa e moderna carta geologica. Questi importanti risultati sono dovuti anche ai grandi progressi conseguiti nella conoscenza delle regioni circostanti, tra cui le zolle antiche della fascia costiera e le isole dell'arcipelago toscano, che hanno una comune origine e talvolta notevoli analogie con l'Argentario.

I caratteri litologici e stratigrafici. — In base agli studi recenti e specialmente alle ricerche condotte da A. Lazzarotto, R. Mazzanti e F. Mazzoncini, pubblicate nel 1964, è possibile sintetizzare la costituzione del promontorio dal punto di vista stratigrafico nel seguente schema, in cui sono distinte varie formazioni litologiche di età diversa irregolarmente sovrapposte.

Il termine più basso della serie stratigrafica è costituito da scisti filladici neri paleozoici (scisti inferiori) e scisti argillosi e arenacei superiori triassici, separati da una formazione quarzosa; si tratta della parte inferiore di una tipica « serie toscana antica » costituente l'imbasamento del promontorio, per cui esso rappresenta nella Toscana marittima l'affioramento più meridionale di queste rocce. Questa serie affiora estesamente nella parte orientale, ove, dalle pendici del Colle del Telegrafo, scendono le valli che vanno a sboccare nel golfo di Port'Ercole e nella Laguna di Orbetello, ed è pure messa largamente allo scoperto a nord, tra il Poggio Pozzarelli e il mare, e nella parte meridionale, lungo le dirupate pendici che dalla Punta delle Cannelle vanno fino alla Torre dell'Avoltore a formare l'ampia Valle degli Acquastrini e la Punta di Torre Ciana. Altri scisti argillosi più recenti si trovano nell'alta valle del Campone e sopra Punta Maddalena. Per il resto questo complesso rimane coperto dal mantello calcareo. La serie stratigrafica completa, che va dagli scisti paleozoici inferiori alla intercalazione quarzosa, agli scisti superiori e al calcare cavernoso mesozoico terminale, si osserva nel migliore dei modi ad oriente, tra la Costa Scaletta e le Piane passando per il Convento dei Frati Passionisti.

Questi terreni più antichi si presentano in forma di scisti di vari colori che vanno dal nero al violaceo, al verdastro, al grigio, al giallo ocraceo e si mostrano variamente disposti, alternandosi a volte in modo da dissimulare la loro effettiva posizione e la loro giacitura, anche perché essi sono stati soggetti a fratture e a piegamenti numerosi.

La formazione quarzosa situata tra gli scisti inferiori e quelli superiori è molto resistente e compatta, essendo costituita da arenarie quarzose e da conglomerati quarzosi (anageniti), che sono anche intercalati negli scisti ai quali sono abitualmente associati e che sono del tutto simili a quelli del cosiddetto « Verucano » triassico della serie toscana. Queste intercalazioni quarzitiche sono per lo più allungate in lembi sottili nel senso delle fratture, disposte in genere da NNO a SSE, cioè secondo la direzione degli assi orografici. Le formazioni quarzitiche hanno la massima estensione e continuità sul lato orientale tra la Costa di Teva, sotto il Convento dei Passionisti, e il Poggio Mandrioli

per continuare più a sud alla Costa del Castagneto, fin quasi a Port'Ercole. Tuttavia gli scisti argillosi che affiorano largamente tra la Cala Grande e la Cala dei Piatti e tra Cala dell'Olio e l'Isola Rossa, pur essendo anch'essi varicolori, non sono quelli tipici che includono le quarziti, tanto che il Lotti li aveva già distinti dagli altri assegnandoli al Trias, specie in rapporto alla presenza in essi di lembi e lenti di rocce ofiolitiche.

Tutta questa massa di scisti è frequentemente disturbata da faglie aventi in generale direzione NO-SE (direzione appenninica) e si comincia così a profilare l'importanza dei fenomeni tettonici che interessarono queste zone e che tanto profondamente modificarono la giacitura degli strati influenzando in modo decisivo sulla morfologia del promontorio.

Sull'imbasamento scistoso poggiano discontinuamente formazioni calcaree mesozoiche riferibili al Trias superiore che sono distinte in tre piani a seconda delle rocce che le compongono, e precisamente calcescisti nel piano inferiore e calcari di tipi diversi nei due piani superiori con placche terminali di dolomie. Come è ben noto, il calcare di gran lunga più diffuso è quello cavernoso retico, che ricopre di una coltre continua e potente l'imbasamento scistoso di tutta la parte centrale più elevata dell'Argentario con direzione NO-SE tra Porto S. Stefano, Punta degli Stretti, Poggio Scorpacciate e Cala dei Santi e con masse discontinue ad oriente in corrispondenza dei principali rilievi.

Il passaggio fra i due termini, quello scistoso basale e il retico sovrastante, non è mai brusco, sia perché si trovano spesso blocchi di calcare cristallino inclusi nel cavernoso sovrastante, sia perché al contatto è spesso presente quella particolare formazione intermedia che R. Signorini denominò « breccia di Tocchi », calcare dolomitico giallastro breccioide contenente frammenti di rocce sericitiche di origine metamorfica.

Inclusi nel calcare si hanno talvolta depositi gessosi, come si nota alla Cala del Gesso, dove si trova appunto gesso in quantità abbastanza notevole, nonché in una formazione molto più modesta sulla Punta Lividonia.

Le altre numerose varietà litologiche della formazione calcareo-dolomitica si trovano tutte nella parte occidentale del promontorio, al di là dell'allineamento N-S Valle del Campone-alta

Valle del Castagno-Valle dei Molini. E' questa, dunque, la parte litologicamente più complessa che, essendo anche tettonicamente la più disturbata, è costituita da un mosaico di lembi irregolari, ma allungati per lo più da nord a sud, di calcescisti, di calcare cavernoso, di calcare cristallino grigio (il più esteso), di calcare cristallino nero e infine di dolomia stratificata e di dolomia massiccia.

Aumentano la complessità della zona lembi delle rocce più antiche (argilloscisti, scisti argillosi) e le placche di rocce ofiolitiche. La frammentarietà e complessità litologica di questa parte si spiega, come vedremo meglio, tenendo presente l'entità e l'intensità dei fenomeni tettonici da cui è stata interessata, che hanno determinato profondi sconvolgimenti e mutamenti nell'originaria giacitura degli strati.

I calcari cristallini e le dolomie che spesso fanno passaggio al calcare a cellette e a quello cavernoso ricoprono le formazioni più antiche che compaiono alla superficie solo nei punti in cui sono state messe allo scoperto da dislocazioni o dall'erosione.

Particolare interesse, anche per il tocco che danno al paesaggio, assumono le rocce ofiolitiche, uniche rappresentanti del complesso alloctono delle « argille scagliose », che acquistano una certa estensione nella parte meridionale della Cala Grande, sopra Cala Moresca e in piccoli spuntoni tra la Cala del Gesso e i Ronconali, lungo la Costa delle Scorpacciate (presso l'Isola Rossa), nonché, nell'interno, nella Valle del Campone, sotto al Poggio Spadino. Tali ammassi di rocce eruttive basiche constano di ammassi discontinui di anfibolite, eufotide e prasinite che per il loro colore verde scuro e per la loro maggior durezza si distinguono facilmente, dando al paesaggio aspetti quanto mai pittoreschi. Ciò appare nel migliore dei modi a Cala Grande, dove le rocce verdi sono più estese ed emergono dalla formazione scistosa.

Il complesso triassico termina in alto con alcune ristrette ma poderose masse di dolomia massiccia o grossolanamente stratificata, che sovrastano la parte occidentale del promontorio allineandosi da Punta Cacciarella e Poggio Spadino all'ardita Costa dei Ronconali (370 m.), fino a Poggio Vongher (386 m.) e a Poggio Pinzo (389 m., massima elevazione delle dolomie) e alla Punta Maddalena, compreso il tratto di costa tra l'imponente Punta di Cala Grande e la Cala del Gesso.

In contrasto con la diffusione delle formazioni paleozoiche e mesozoiche, i terreni cenozoici non sono identificabili nell'Argentario e ciò si spiega tenendo presente che il promontorio è zona di antico sollevamento, in cui i lembi di formazioni terziarie, un tempo probabilmente esistiti, hanno poi subito, in seguito ai movimenti tettonici terziari, scivolamenti o « scollamenti » di tipo gravitativo o dislocazioni in senso verticale oppure anche un semplice processo di frantumazione, andando a costituire parte del materiale breccioso esistente in varie parti dell'Argentario.

Nel promontorio si trovano, infatti, formazioni brecciate di origine tettonica disposte nella fascia di contatto tra il calcare cavernoso e gli altri terreni e particolarmente estese in tutto il promontorio di Punta Lividonia fin quasi a Poggio Spadino (257 m.) e poi in una lunga striscia trasversale tra la valle del Vaiano (che va al Pozzarello) e la Cala delle Cannelle.

Queste brecce non sono omogenee, ma si presentano di tipi diversi in quanto variano sia le dimensioni che la qualità dei loro elementi costitutivi. Generalmente si tratta di brecce calcaree cementate, i cui elementi provengono essenzialmente da formazioni triassiche, in gran parte calcaree, ma talvolta anche da quelle scistose, come si ha sul lato occidentale del Campone. Si tratta di brecce di frizione, formatesi dove le masse rocciose sono state frantumate per l'attrito fra la roccia sottostante e quella sovrastante, in seguito a scorrimenti verificatisi per effetto dell'assetto tettonico terziario, che si fa risalire al Miocene superiore.

Scarsi sono i terreni quaternari, rappresentati per la maggior parte da depositi alluvionali, talvolta terrazzati, che si riscontrano nel fondo delle valli del Campone, del Pozzarello, delle Piane, del Fosso di Roccadoro e di altre vallecole e piani minori periferici nella parte settentrionale e nord-orientale del promontorio. Essi sono costituiti da conoidi detritico-terrosi alla base dei rilievi e da depositi alluvionali e di terra rossa, con una frangia argillo-torbosa verso la laguna, assai adatti per l'agricoltura. Vi si trovano infatti le più estese aree cerealicole, mentre sui declivi, e specialmente su quelli scistosi occidentali predominano le colture terrazzate dei famosi vigneti e di qualche oliveto.

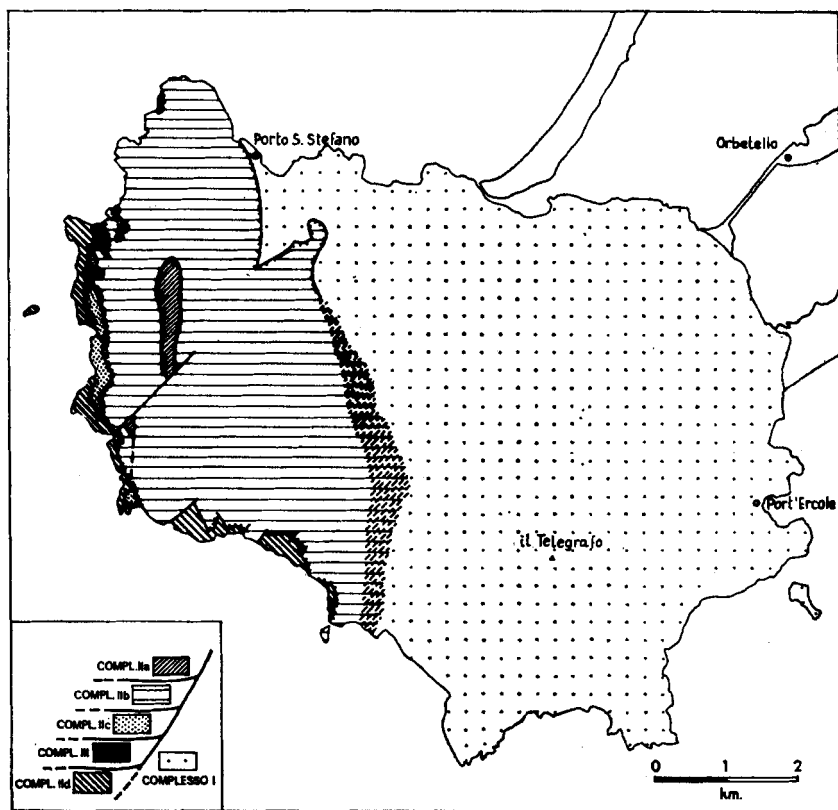
Più interessanti dal punto di vista geologico, per quanto di estensione assai limitata, sono numerosi lembi di panchina qua-

ternaria, cioè di arenaria grossolana o di conglomerati, alcuni dei quali sono di origine marina ed altri di origine eolica. Le arenarie eoliche sono più estese ed elevate, trovandosi fino ai 150-200 m. di altezza all'interno di Punta Avoltore e delle Scorpacciate. Più importanti sono i lembi di panchina marina fossilifera, perché testimoniano che il mare occupava in epoca tirreniana (Pleistocene superiore) un'area più estesa di quella attuale intorno all'Argentario, poi ridottasi per effetto di un moderato sollevamento e di un certo abbassamento eustatico del livello marino.

Infatti si trovano conglomerati marini quaternari allo sbocco della valle del Pozzarello fino a 6 m. sul livello marino attuale e, lungo la costa meridionale, altri lembi di panchina più estesi ed a maggiori altezze, che si presentano in forma di terrazzi situati per lo più tra 25 e 35 metri sul livello del mare attuale. Tra essi ricordiamo quelli di Cala Grande, sotto le rupi dolomitiche chiamate « i Sodi »; quelli allineati al di sopra di Punta Maddalena e della Costa delle Scorpacciate (a quote un po' diverse, tra 15 e 50 m., forse per dislocazioni successive della parte meridionale della cala); i due lembi posti ai lati della Cala delle Cannelle; e infine i due posti alla sommità di due piccoli promontori a occidente di Punta Avoltore (uno dei quali dislocato fino verso 75 m.), nonché la striscia sovrastante della Cala dello Sbarcatello (1). La presenza di questi lembi di panchina quaternaria marina, depositatisi su spianate di abrasione marina poste per lo più a una ventina di metri sul livello del mare attuale e il ritrovamento di livelli analoghi nei riempimenti di grotte nel tratto orientale che si affaccia sulla laguna, indicano che l'Argentario, collegato col continente fino all'inizio del Quaternario, ne era diviso nel Tirreniano da un braccio di mare che occupava l'area dove oggi si trova la Laguna di Orbetello.

(1) Nella loro monografia sulla *Geologia del Promontorio Argentario* (cfr. n. 5 della bibliografia), A. Lazzarotto, R. Mazzanti e F. Mazzonecchini affermano, alle pp. 112 e 121, che i lembi di panchina marina non superano i 20-25 m. sul livello attuale del mare e poggiano sopra spianate di abrasione disposte a livelli diversi, ma non superiori ai 15-20 m. Però, dalla stessa carta geologica a 1:25.000 da loro tracciata risulta inequivocabilmente che in qualche punto questo limite viene superato: così nella parte occidentale di Punta Avoltore, dove si superano i 50 m., come pure sopra Punta Maddalena e alle Scorpacciate.

I caratteri tettonici. — Ma oltre alla natura dei terreni, hanno particolare importanza per l'Argentario i lineamenti tettonici, che hanno riflessi tanto importanti sulla morfologia. La ricostruzione della serie stratigrafica cui si è giunti con le ultime ricerche ha permesso il riconoscimento di tre complessi tettonici diversi, irregolarmente sovrapposti, e precisamente: il *complesso I*, costituito dalla « serie toscana antica », e cioè dagli scisti filladici permocarboniferi sormontati dalle anageniti e quarziti verrucane, dagli scisti argillosi triassici e dal sovrastante calcare cavernoso; il *complesso II*, formato pure da quarziti e filladi con intercalazioni di calcari neri cristallini e formazioni calcareo-cristalline passanti a dolomia; il *complesso III*, costituito essenzialmente da prasinitì,



Schema tettonico dell'Argentario (secondo A. Lazzarotto, R. Mazzanti e F. Mazzoncini).

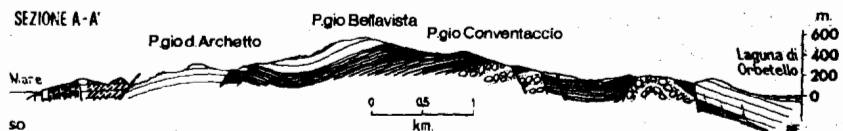
cioè dalle rocce verdi formatesi per metamorfismo di serpentine, gabbri e diabasi.

Il complesso I occupa oltre i due terzi del promontorio e precisamente tutta la parte centrale e orientale fino alla linea Valle del Campone-Valle dei Molini; il complesso II è separato dal primo da una zona di sovrascorrimento estesa da nord a sud ed occupa quasi tutto l'altro terzo, cioè la parte più occidentale; il complesso III è rappresentato solo dai lembi di rocce verdi esistenti, come si è visto, in alcune località costiere e nei pressi della costa occidentale. Dall'andamento delle stratificazioni e dalla presenza e direzione delle fratture risulta che le strutture del complesso I hanno avuto origine da una prima fase di plegamento, seguita da una fase caratterizzata da movimenti verticali, i quali hanno causato fratture e faglie numerose, sia dal lato orientale che dal lato occidentale, queste ultime in probabile rapporto con la messa in posto in profondità di un ammasso intrusivo granitico terziario. Invece le strutture dei complessi II e III sono da mettere in rapporto con ampie azioni di traslazione verificatesi su scala regionale all'inizio dell'orogenesi appenninica, che ha preso appunto le mosse al largo della costa per la surrezione e cristallizzazione della massa granodioritica dell'Isola del Giglio.

La struttura complessiva del promontorio si può dunque ricondurre, schematicamente, ad uno « scivolamento in grande della formazione retica di calcare cavernoso sugli scisti argillosi paleozoici » sottostanti per spinte orogeniche provenienti da occidente; scivolamento con conseguente ricoprimento che ha provocato un tale attrito al contatto tra le due formazioni da produrre vaste ed intense frammentazioni delle rocce, con cementazioni in posto che hanno prodotto le già ricordate brecce di frizione o miloniti. Ecco perché si parla dell'Argentario come di un « complesso milonitico ».

L'accertamento di questi sovrascorrimenti in grande stile costituisce, così come è avvenuto per l'Isola d'Elba, la maggiore novità nello studio geologico dell'Argentario, perché essi non erano stati mai ammessi dai geologi della vecchia scuola toscana.

Assai importante è constatare, per le sue conseguenze geomorfologiche, che l'assetto tettonico, risalente al Miocene, è caratterizzato, per il complesso I, cioè per la parte essenziale del promon-



Sezione trasversale del promontorio tra la costa sud-occidentale e la Laguna di Orbetello (secondo A. Lazzarotto, R. Mazzanti e F. Mazzoncin).

torio, da un fascio di ampie sinclinali e anticlinali parallele con assi aventi direzione appenninica (NNO-SSE): si tratta di quattro anticlinali simmetriche a fianchi arrotondati, le cui ali esterne, sia verso il continente che verso il mare, sono state poi colpite da fratture e faglie che hanno accentuato la culminazione dell'anticlinale centrale rispetto a quelle laterali, sicché l'insieme ha preso l'aspetto di una *struttura a pilastro* a forma di cupola, con le culminazioni massime lungo una linea con direzione antiappenninica (SO-NE) che traversa il promontorio dall'Isola Rossa a Orbetello. Al sollevamento maggiore della parte centrale ha contribuito probabilmente la risalita del già ricordato plutone o batolite granitico, come quello dell'Isola del Giglio, di Montecristo e del Monte Capanne, nell'Isola d'Elba, cui è seguita la dislocazione della parte orientale, e la formazione di una fossa su cui si è impostata poi la laguna; e la insorgenza nella parte occidentale di una *tettonica a scaglie*, cioè a zolle fagliate e spostate a cuneo l'una rispetto all'altra, in numero di quattro (*a, b, c, d* dello schema) più quella rappresentata dalle rocce verdi.

Una prova della presenza di questo batolite granitico a non grande profondità può essere costituita dalle mineralizzazioni riconosciute nella parte orientale tra il calcare cavernoso e gli scisti, con giacimenti di pirite e magnetite. Negli ultimi anni, infatti, è stata accertata dai tecnici della Società Ferromin la presenza di un filone di calcopirite in località Fossa dei Molini, in corrispondenza di una frattura negli scisti del Verrucano e, al di sotto del vecchio giacimento di ferro mangesifero, di una grande massa di pirite e magnetite tra 90 e 400 m. di profondità, il cui sfruttamento è in corso di approntamento per quanto non si presenti facile.

I lineamenti morfologici. — Queste nuove acquisizioni sulla geologia dell'Argentario permettono di rendersi conto dei suoi

caratteri morfologici, rilevati in gran parte mediante osservazioni personali. La morfologia del promontorio è infatti in rapporto con la costituzione litologica, con le vicende e i lineamenti tettonici, con le fasi erosive e con le oscillazioni quaternarie del livello marino. La costituzione litologica agisce con il diverso grado di erodibilità delle rocce: gli scisti argillosi hanno forme più morbide come sono quelle della Valle degli Acquastrini e dell'alta Valle del Campone, mentre i calcari cavernosi e le dolomie, anche per la loro penetrabilità, hanno aspetto più contrastato, come le maggiori elevazioni e la Costa dei Ronconali, e le quarziti e anageniti sono messe in sporgenza, come al solito, dall'erosione selettiva, a formare irregolarità minori sia nell'interno che lungo la linea di costa, il che si nota nella stessa Valle degli Acquastrini.

In generale, la cupola centrale per la quale passa lo spartiacque principale, cui se ne aggiunge uno secondario ad occidente tra il Colle di Spaccabellezze e Poggio Paladino, ha favorito la formazione di un reticolo idrografico radiale che ha inciso solchi e valloni profondi che lasciano tra loro dossoni e sproni chiamati « coste », a versanti più o meno scoscesi. Ciò accade soprattutto ai limiti della copertura calcarea, là dove essa scosce sulle zone scistose sottostanti, come si nota nel modo più evidente e grandioso a sud del Colle del Telegrafo, che scende sulla Valle degli Acquastrini e da cui diramano verso sud-est la Costa della Scogliera e la Costa delle Ficaie, che si prolungano con l'imponente Punta Avoltore, e verso sud-ovest la Costa della Bufala. Ma notevole è anche la serie di « coste » che sventagliano verso nord e ovest irradiandosi da Poggio Tondo. Probabilmente è proprio per la differenza di comportamento tra calcari e scisti rispetto all'erosione che la culminazione morfologica del promontorio nel Colle del Telegrafo non corrisponde alla culminazione tettonica che si trova nella zona di affioramento degli scisti inferiori.

Oltre alle differenze litologiche e alla tettonica generale, le fratture e le faglie contribuiscono a rendere più contrastati i rilievi. Analoga azione hanno avuto i movimenti neotettonici con cui può essere messo in rapporto un certo ringiovanimento delle valli e soprattutto di quelle minori del versante occidentale: alcune di esse, come quelle minuscole che sboccano nella Cala del Bove, nella

Cala Moresca e di fronte allo scoglio Riccitella, sono alquanto sospese, mentre quelle a nord-est sono piuttosto sovralluvionate. Questo fatto e la diversa altezza della panchina marina sui due lati opposti del promontorio fanno pensare ad un certo basculamento che ha fatto innalzare di più la parte occidentale e deprimere maggiormente quella orientale.

Anche le oscillazioni eustatiche del livello marino hanno contribuito al modellamento, sia provocando la formazione di terrazzi di abrasione sulla fascia costiera, sia influenzando sulla continuità dei cicli erosivi con fasi alterne di deiezione e di erosione. A questa azione, appunto, è da collegare l'origine dell'unico terrazzo fluviale dell'Argentario (essendo l'altro un piccolo lembo alle spalle di Port'Ercole) che si trova sul lato sinistro della media Valle del Campone ed ha altezza tra 25 e 100 m. (con maggior sviluppo sui 50 m.) raccordabile coi terrazzi marini di pari elevazione e collegabile con il massimo innalzamento del livello marino durante la trasgressione tirreniana.

L'Argentario riceve così la sua caratterizzazione dalla presenza di una dorsale spartiacque che decorre irregolarmente da Punta Lividonia a Punta Avoltore, piuttosto addossata alla costa occidentale e sud-occidentale. La sua parte più elevata, che corrisponde alla spina dorsale del promontorio, va da Poggio Tondo (536 m.) alla cima del Telegrafo (635 m.) e a Poggio Canaloni (535 m.) e scende a oriente sui sottostanti scisti con una fronte unita, dalla quale si sono staccate numerose grandi frane i cui materiali hanno formato piani (la Piana di Biagio) e gradinate come quelle verso lo Sbarcatello. Importa soprattutto notare che, dato il particolare decorso della dorsale spartiacque, i due opposti versanti presentano un aspetto molto diverso. Particolarmente accidentato appare quello sud-occidentale, verso il quale il culmine dell'Argentario scende ripido, con burroni talvolta molto profondi, a pareti scoscese irte di spuntoni rocciosi; solo la valle scistosa degli Acquastrini ha versanti più blandi. Tranne il corso d'acqua che la percorre, brevi torrenti per lo più temporanei che sfociano direttamente al mare scorrono al fondo di valli e vallecole monoclinali o dissimmetriche talora profonde, contribuendo a rendere più aspra la morfologia già di per sé tormentata della zona.

Un aspetto molto diverso presenta l'opposto versante, quello

nord-orientale, verso il quale la catena spartiacque declina spingendo avanti contrafforti e groppe collinose parallele o lievemente divergenti che scendono gradualmente al mare con direzione pressappoco normale a quella del principale rilievo da cui si dipartono. I loro versanti, in genere poco acclivi, delimitano valli ampiamente svasate che terminano sul mare e sulla Laguna di Orbetello con piccole pianure alluvionali e talvolta sovralluvionate, formate da conoidi detritici e dalla fertile terra rossa. La più vasta di esse, situata alle spalle dell'abitato di Terra Rossa (detto così dal contiguo deposito di ferro manganesifero) è chiamata appunto « Le Piane ».

Completa il quadro morfologico dell'Argentario il *carsismo*, che non presenta doline normali ma aspetti superficiali minuti, costituiti da campi solcati in vari tratti spogli di vegetazione e in rapporto con l'inclinazione e la fessurazione della roccia sia nell'interno che in qualche punto della costa, come in quello tra la Cala del Pane e la Punta Cacciarella, già segnalato da Assunto Mori. E presenta soprattutto un sistema di numerose e intricate cavità sotterranee (grotte, caverne, inghiottitoi, pozzi) di tale entità e complessità interna (ramificazioni, formazioni stalattitiche e stalagmitiche talvolta inclinate per movimenti successivi) da poter essere attribuite a un carsismo antico, sviluppatosi, secondo A. G. Segre, in epoca di forte continentalità, quando l'Argentario faceva parte di una terra più vasta e più elevata, e che, dopo essere stato a più riprese riempito e svuotato, ha visto estinguersi la circolazione idrica per effetto di una fase orogenica regionale. Varie delle grotte si trovano lungo la costa e sono state sventrate dal mare, oppure, ma più raramente, hanno formato per il crollo della loro volta usurata piccole cavità chiuse che sono in sostanza *doline litoranee di crollo*, come quella che si trova nei pressi di Punta Cacciarella. Tra le grotte carsiche sono soprattutto la Grotta degli Stretti, sul bordo nord-orientale, la più lunga, ramificata e pittoresca di quelle conosciute, contenente anche un laghetto, e la Grotta dei Santi, caverna ad unico ambiente, lunga 44 m., che si apre nella cala omonima con un piano posto alquanto al di sopra del livello marino attuale. Entrambe le grotte sono state abitate fino dal Paleolitico, come provano numerosi manufatti litici mustesiani e reperti umani e manufatti litici e ceramici riferibili all'età del

bronzo, rinvenuti e descritti dal secolo scorso ad oggi da vari autori (Nicolucci, Meneghini, Salvagnoli-Marchetti, D'Achiardi, Caterini e, di recente, Segre).

Un discorso a parte bisogna fare per le *coste* dell'Argentario, costituenti, per la loro bellezza, l'attrattiva maggiore del promontorio, la cui forma e il cui aspetto sono dovuti non solo all'azione demolitrice selettiva del mare, ma a motivi tettonici e agli spostamenti verticali della linea di costa dovuti alle variazioni del livello marino verificatesi a diverse riprese nel Quaternario. I loro lineamenti generali hanno base tettonica, soprattutto in rapporto con le numerose fratture pressoché perpendicolari alla costa con ingente e ineguale dislocazione di blocchi ad immersione prevalente verso O o NO, sicché le punte hanno per lo più struttura e figura dissimetrica, con ripe alte ed erte ad oriente e coste relativamente basse ad occidente. Ciò si nota particolarmente nel tratto costiero più dislocato, che è quello tra l'Isola Rossa e la Punta Lividonia, corrispondente alla fronte a mare del complesso II. Su questa frangia litoranea così disturbata e irregolare, e perciò assai pittoresca, ha agito poi energicamente l'abrasione marina secondo vari livelli del mare quaternario, che ha portato alla formazione di terrazzi, testimoni di antiche linee di costa scolpiti in vari tipi di rocce, che conferiscono un caratteristico aspetto a gradinata a varie parti del litorale. Già G. Braun riconobbe tre livelli rispetto al mare attuale: uno a circa 60-70 m., un secondo a 35 e un terzo a 13-15 m. Ma ad essi bisogna aggiungerne uno più alto, intorno ai 95-100 m., e un altro a 20-25 m., rappresentato dalla panchina: complessivamente i più evidenti ed estesi sono quelli di 15, 25, 35, 75, 90-100 m. Questi livelli trovano riscontro in quelli presenti in altre parti del litorale toscano (Ansedonia, riviera livornese, isole del Giglio e d'Elba) e in generale tirrenico dalla Liguria fino in Sicilia e in Sardegna, sicché si può pensare di applicare ad essi i dati cronologici desunti sia localmente da elementi paleontologici, sia dal confronto con alcuni livelli eustatici. La cosa, peraltro, è complicata dal fatto che i mutamenti del livello marino verificatesi nei periodi glaciali e interglaciali si sono combinati con movimenti isostatici di sollevamento o di subsidenza, che hanno avuto localmente diversa entità. Così, in un certo mo-



La spiaggia e la Torre delle Cannelle con la Valle degli Acquastrini e, sullo sfondo, da sinistra, il Colle del Telegrafo, il Poggio Canaloni e il Poggio delle Crocine.

(fot. A. Mori)



Il fianco nord-orientale di Cala Grande dalle falde di Poggio Spadino. In fondo il dosso dolomitico del Sodi che termina con la Punta Cacciarella, pure dolomitica, in cui si distinguono due piattaforme di abrasione. Caratteristiche terrazze con vigneti sugli argilloscisti.

(fot. A. Mori)



La Punta Cacciarella con terrazzi e incisioni di abrasione marina.

(fot. A. Mori)



La costa tra Punta di Torre Ciana e Cala Piazzoni, negli scisti argillosi e arenacei con intercalazioni anagenitiche. In fondo la cima della Costa della Bufala.

(fot. A. Mori)



Le Plane, la maggiore pianura costiera dell'Argentario, tra le ultime propaggini dei rilievi calcarei coperti di macchia alta. In fondo il Tombolo di Feniglia.

(fot. A. Mori)



Aspetto della costa a Cala del Pane. Nicchie costiere e grotte crollate nelle breccie calcaree.

(fot. A. Mori)



La Torre di Capo d'Uomo, in una zolla di dolomia massiccia. Si noti la diffusione della macchia e i vigneti a terrazze, alcuni dei quali abbandonati, sui terreni detritici.

(fot. A. Mori)



L'Isolotto, lembo calcareo presso Port'Ercole, con le nicchie costiere.

(fot. A. Mori)

mento successivo alla escavazione delle grotte costiere più antiche, mentre nella Liguria occidentale essi sono stati di notevole innalzamento, nell'Argentario si è verificata una subsidenza, tanto è vero che le grotte stesse sono state portate al disotto del livello marino, come è stato constatato da A. G. Segre anche nei pressi della Cala dei Santi.

Tutto considerato, allo scopo di dare una sistemazione cronologica approssimativa ai terrazzi marini dell'Argentario, utilizzando anche un criterio statistico e comparativo, si può ritenere che il livello più alto intorno ai 90-100 m. sia forse da riferire alla prima trasgressione del Siciliano, risalente, secondo i più, ad epoca mindeliana; quello sui 60-75 m. ad una seconda trasgressione o ad una fase regressiva dello stesso Siciliano; i due livelli a 35 e a 15-25 m. a due stadi del piano tirreniano corrispondente all'ultimo interglaciale Riss-Würm; infine alcuni livelli inferiori sono da porre in relazione con le fasi finali dello stesso Tirreniano e con la regressione eustatica post-tirreniana collegata con l'inizio della glaciazione würmiana e con la trasgressione fiandriana o versiliana (2).

Spesso alcuni dei terrazzi marini si susseguono regolarmente separati per lo più da scarpate, ma talvolta con passaggio abbastanza graduale, come avviene per i due dossoni calcarei della Costa delle Olive e della Costa del Pianone che si affacciano a nord sulla Cala del Pozzarello. Queste superfici di abrasione hanno notevole importanza antropica in quanto costituiscono ripiani e alture residue favorevoli all'insediamento costiero e in particolare alla maggior parte delle 17 torri di guardia (incluse le fortezze spagnole), a parti del paese di Porto S. Stefano (Fortezza, Pianetto, Grotta) e a numerose costruzioni recenti e nuclei di ville.

(2) Questa sistemazione cronologica è stata data da H. Fleisch (*Depôts préhistoriques de la côte libanaise et leur place dans la chronologie basée sur le Quaternaire marin*, in « Quaternaria », Roma, III, 1956, pp. 101-132) alle antiche linee di riva della costa libanese, i cui livelli presentano notevole corrispondenza con quelle tirreniche e in particolare dell'Argentario. Più precisamente il Fleisch ha riconosciuto le trasgressioni indicate dai seguenti terrazzi: 95 m. (Siciliano?), 55-60 m., 45-50 m., 35 m. (Tirreniano I?); terrazza di 15 m. a *Strombus* (Tirreniano II probabile), 6 m., pure a *Strombus* (Tirreniano III probabile), 3-4 m. (verso la fine dell'età del ferro). Per quanto la corrispondenza tra le antiche linee di riva di regioni diverse sia da considerare con grande prudenza, in questo caso non si può negare il ripetersi di alcuni livelli caratteristici, i quali, poi, sono stati notati (pur con oscillazioni più ampie) in molte altre coste del Mediterraneo fino a Gibilterra.

Pertanto l'impianto della costa dell'Argentario è senz'altro pre-tirreniano, in quanto in epoca successiva si sono avute modificazioni di modesta entità, che sono continuate, attenuandosi, in epoca recente, come è indicato da numerosi solchi di antiche linee di battigia accompagnati inferiormente da fori di litodomi e già notati da G. Merciai a 3-2-1 m. di altezza in varie parti. Essi stanno a rappresentare livelli successivi della regressione eustatica post-tirreniana, tenendo presente però che l'ultimo episodio verificatosi dovette essere di ingressione, poiché le cale, che si osservano numerose, debbono considerarsi come sbocchi di valli sommerse.

Risultante di tutti questi eventi e dell'azione erosiva del mare è la costa attuale, consistente in una successione di punte alte e scoscese costituite dalle rocce più resistenti all'erosione, come i calcari compatti e le quarziti, e di insenature o cale comprese fra le punte stesse, aventi come impostazione generale origine tettonica (fratture, sprofondamenti, scoscendimenti) e nelle minori frastagliature origine erosiva soprattutto marina, anche per la formazione e successiva demolizione di grotte di varia origine. Sul fondo di alcune cale si sono formate spiagge di accumulo di materiali alluvionali e marini: la maggiore di esse è quella di Cala Galera, presso Port'Ercole, tra Monte Filippo e Poggio Pertuso, seguita dalla spiaggia delle Cannelle.

A rendere più pittoresco il quadro costiero stanno numerose grotte di abrasione marina di varia forma e dimensioni che si aprono lungo la costa al livello del mare o poco al di sopra e che sono state scavate nei calcari o nelle brecce costiere. Si tratta di una trentina di cavità di dimensioni generalmente modeste, di cui oltre la metà si trova nel tratto compreso fra Punta Lividonia e Capo d'Uomo, più frastagliato e più direttamente esposto alle mareggiate di ponente-maestro.

Tra le più pittoresche di questa parte è la Grotta del Turco, posta nei pressi della Punta Cacciarella, tra la cala omonima e Cala Grande. Un certo numero se ne trova pure nel tratto tra la Punta Avoltore e Port'Ercole, battuto dallo scirocco: una di esse è la Grotta Azzurra, con doppia apertura, e un'altra incide anche l'Isolotto, lembo calcareo come l'altra pittoresca isola dell'Argentola, mentre l'Isola Rossa è una lingua scistosa resecata dalla punta antistante.

Le recenti ricerche e le nuove importanti acquisizioni hanno dunque riaffermato e rafforzato il fatto che, pur nella sua modesta estensione, il Monte Argentario presenta grande varietà e importanza di fenomeni, sì da rendere ben giustificato l'interesse che esso suscita e la sua vasta notorietà.

BIBLIOGRAFIA SOMMARIA

- 1) CATERINI F., *La breccia ossifera del M. Argentario*, in « Proc. verb. Soc. Toscana di Sc. Nat. », vol. 28°, fasc. 2°, Pisa, 1919, pp. 17-23.
- 2) DESSAU G., MERLA G., SCARSELLA F., SIGNORINI R. e TREVISAN L., *Appunti geologici sul Grossetano tra l'Argentario e il Monte Canino*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1950, pp. 69-76.
- 3) FUCINI A., *Studi geologici sul Promontorio Argentario*, in « Ann. delle Univ. Toscane », vol. 32°, Pisa, 1912, pp. 1-40.
- 4) GOTTARDI G., *Su alcune rocce metamorfiche del Monte Argentario*, in « Atti Soc. Toscana di Sc. Nat. », Pisa, S. A., 1957, pp. 88-89.
- 5) LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. e MAZZONCINI F., *Geologia del Promontorio Argentario (Grosseto) e del Promontorio del Franco (Isola del Giglio - Grosseto)*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1964, fasc. 2, pp. 1-124.
- 6) LEONARDI P., *La formazione a Strombi e la cronologia pleistocenica*, in « Boll. Soc. Veneziana di Sc. Nat. », Venezia, 1934, n. 5-6, pp. 69.
- 7) LOTTI B., *Appunti d'osservazioni geologiche nel promontorio Argentario, nell'isola del Giglio e nell'isola di Gorgona*, in « Boll. Comit. Geol. Ital. », Roma, 1883, pp. 109-128.
- 8) LOTTI B., *Geologia della Toscana*, « Mem. Descrittive della Carta Geol. d'It. », XIII, Roma, 1910.
- 9) MERCIAI G., *Mutamenti avvenuti nella configurazione del litorale tra Pisa e Orbetello dal Pliocene in poi*. Pisa, 1910.
- 10) MORI ALB., *Grotte nelle brecce costiere del Monte Argentario*, in « Boll. Soc. Geol. Ital. », Roma, 1933, pp. 44-51.
- 11) MORI ASS., *I fenomeni carsici dell'Argentario*, in « Atti VIII Congr. Geogr. Ital., Firenze, 1921 », II, pp. 144-148.
- 12) SEGRE A. G., *Giacimenti pleistocenici con fauna e industria litica a Monte Argentario (Grosseto)*, in « Riv. di Sc. Preist. », Firenze, 1959, pp. 1-18.
- 13) TREVISAN L., *Voci: Milazziano, Siciliano, Tirreno o Tirreniano, Versigliano*, nel *Lexique Stratigraphique International*, vol. I, Europe, fasc. II, Italia. Congrès Géol. Intern., Comm. de Stratigraphie, Centre Nat. de la Recherche Scient., Parigi, 1956.

SUMMARY. — The Author communicates the results of a new survey of Monte Argentario carried out by geologists and petrographers of the school of Pisa. In it a new tectonic interpretation acquires a particular importance.

The Author then deals with the morphological characters of Monte Argentario, connected with the tectonic facts (foldings, faults, horst structure and scales structure) and also with the selective erosion that has differently affected the schists of the base and the Mesozoic calcareous stratum which is deeply affected by the hypogeum karst. The sea abrasion has also influenced the shape of the coasts; acting at different levels with relations to the isostatic and eustatic quaternary changes, it has shaped characteristic series of sea terraces, among which the most evident are those of 15, 25, 35, 75, 90-100 m. above the present sea-level.