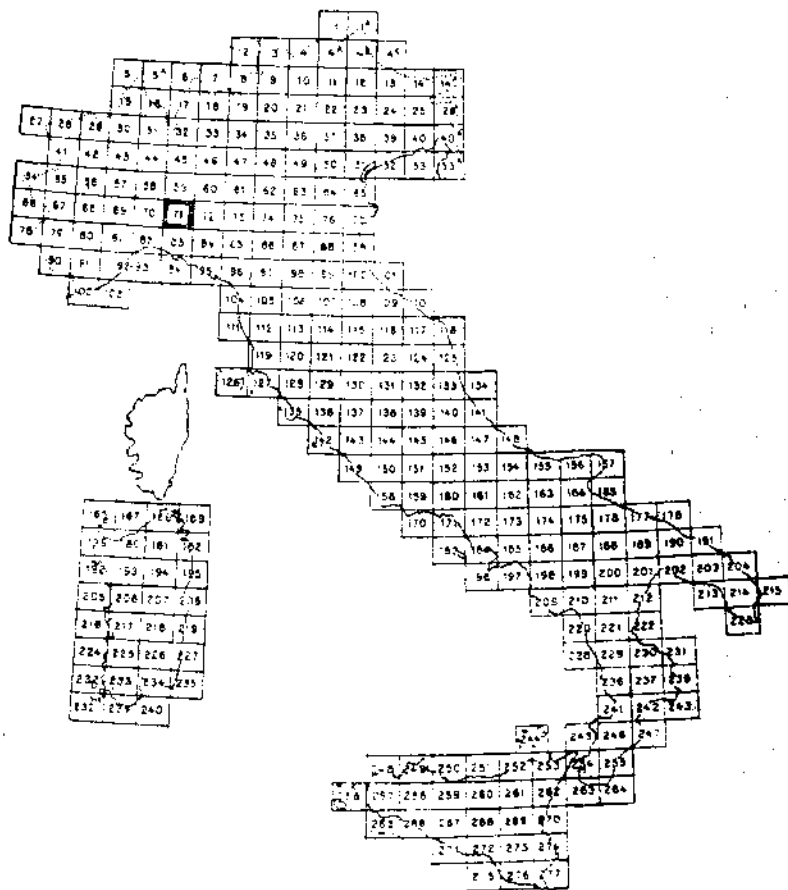


CARTA GEOLOGICA D'ITALIA



QUADRO D'UNIONE DEI FOGLI AL 100.000



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

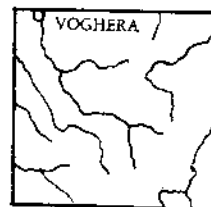
NOTE ILLUSTRATIVE
della
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1 : 100.000

FOGLIO 71

VOGHERA

G. BELLINZONA, A. BONI, G. BRAGA, G. MARCHETTI



ROMA
NUOVA TECNICA GRAFICA
1971



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

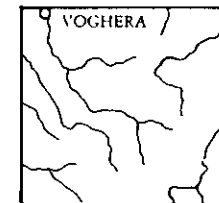
NOTE ILLUSTRATIVE
della
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1 : 100.000

FOGLIO 71

VOGHERA

G. BELLINZONA, A. BONI, G. BRAGA, G. MARCHETTI



R O M A
NUOVA TECNICA GRAFICA
1971

SOMMARIO

I — INTRODUZIONE	Pag. 9
II — CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE	» 10
III — SGUARDO GEOLOGICO D'ASSIEME	» 18
IV — STRATIGRAFIA	» 23
1) « Graniti cataclastici e miloniti granitiche »	» 23
2) « Ofioliti »	» 23
3) « Formazione dei diaspri »	» 27
4) « Calcare a Calpionelle ligure »	» 29
5) « Complesso caotico »	» 30
6) « Argille a palombini di Barberino »	» 31
7) « Argille a palombini di Monte Veri »	» 33
8) « Arenarie di Scabiazza »	» 36
9) « Argilliti di Montoggio (?) »	» 38
10) « Calcari di Monte Cassio »	» 39
11) « Calcari di Monte Antola »	» 42
12) « Calcari di Monte Caio »	» 45
13) « Calcari di Zebedassi »	» 46
14) « Argilliti di Pagliaro »	» 47
15) « Formazione di Monte Penice »	» 49
16) « Formazione di Val Luretta »	» 52

17) « Marne di Vigoponzo »	Pag. 56
18) « Marne di Monte Piano »	» 57
19) « Complesso indifferenziato »	» 59
20) « Arenarie di Ranzano »	» 60
21) « Conglomerati di Savignone »	» 62
22) « Formazione di Monastero »	» 63
23) « Marne di Antognola (?) »	» 64
24) « Marne di Rigoroso »	» 66
25) « Marne di M. Zuccaro »	» 67
26) « Complesso di Sanguinetto »	» 68
27) « Formazione di Variano »	» 71
28) « Formazione di Castagnola »	» 72
29) « Formazione di Val d'Aveto »	» 72
30) « Formazione di Biella »	» 75
31) « Complesso di »	» 75
32) « Formazione di »	»
33) « Marne di Cassano »	» 80
34) « Arenarie di Serravalle »	» 82
35) « Arenarie di M. Vallassa »	» 83
36) « Marne di S. Agata Fossili »	» 85
37) « Formazione gessoso-solfifera »	» 87
38) « Conglomerati di Cassano Spinola »	» 87
39) « Argille di Lugagnano »	» 88
40) « Sabbie di Asti »	» 89
41) « Fluviale antico »	» 90
42) « Fluviale medio »	» 90
43) « Fluviale recente »	» 91
44) « Alluvioni postglaciali e del Fluviale recente indistinte »	» 91
45) « Alluvioni postglaciali »	» 92
46) « Alluvioni attuali degli alvei attivi dei corsi d'acqua »	» 92

V — TETTONICA	Pag. 93
VI — GEOMORFOLOGIA	» 98
VII — GEOLOGIA APPLICATA	» 102
1) MINIERE E CAVE	» 102
2) RICERCHE DI IDROCARBURI	» 104
3) IDROGEOLOGIA	» 105
4) FRANE	» 109
VIII — BIBLIOGRAFIA	» 112

I — INTRODUZIONE

Il rilevamento per la seconda edizione del Foglio 71 « Voghera » è stato eseguito, negli anni 1962-1964, dai Dott. G. BEATRIZOTTI, G. BELTRAMI, G. BELLINZONA, A. BONI, G. BRAGA e G. MARCHETTI sotto la direzione del Prof. A. BONI, direttore dell'Istituto di Geologia dell'Università di Pavia.

Il rilevamento è stato effettuato alla scala 1:25.000, seguendo i criteri suggeriti e le disposizioni emanate dal Comitato Geologico.

Sono state pertanto cartografate le formazioni, come unità litostigrafiche; alcune di esse sono già formalmente istituite, altre ricorrono nella letteratura geologica, altre ancora sono nuove e la loro istituzione si è imposta durante il rilevamento.

Le ricerche di campagna sono state costantemente integrate da quelle di laboratorio, soprattutto micropaleontologiche: queste ultime sono state eseguite sotto la direzione e colla costante collaborazione del Prof. S. MOSNA, docente di Micropaleontologia presso l'Università di Pavia.

I dati relativi alle strutture tettoniche sepolte, la stratigrafia dei pozzi per idrocarburi e la sezione II-II sono stati forniti dall'AGIP Mineraria.

Il foglio è stato disegnato a cura dell'Istituto di Geologia dell'Università di Pavia.

II — CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE

Nell'area del Foglio 71 « Voghera » è compresa, per gran parte, l'estremità nord-occidentale dell'Appennino settentrionale; nel quarto quadrante del foglio avviene il passaggio allo « Sperone di Tortona », che, al di là della pianura Tortona-Alessandria, si continua nella collina Valenza-Chivasso-Torino; nel terzo quadrante è inoltre presente l'estremità orientale del Bacino terziario del Piemonte; nell'angolo di NW si sviluppa anche un piccolo lembo di pianura padana.

Il Foglio « Voghera » è quindi più o meno direttamente interessato da tutte o quasi tutte le pubblicazioni riguardanti questi importanti settori della geologia d'Italia.

Troppo lungo sarebbe pertanto seguire, passo passo, in queste note illustrative l'evoluzione del pensiero geologico in ciascuno dei campi precedenti. In bibliografia sarà ripresentato un elenco abbastanza esteso (che peraltro non ha la pretesa di essere completo) dei lavori che interessano l'area del foglio.

Qui ci limiteremo ad accennare molto brevemente a quelle che, a nostro avviso, sono state le tappe fondamentali della conoscenza geologica generale della regione; per i singoli contributi paleontologici, sedimentologici, stratigrafici, paleogeografici, tettonici, geomorfologici, applicativi si rimanda ai relativi capitoli o addirittura all'elenco bibliografico.

In questa rapida scorsa si può prendere le mosse dai lavori di TARAMELLI del 1877-78 e del 1882: in essi si afferma l'esistenza di una serie unica, estesa dal Liguriano al Pliocene superiore, alla base della quale stanno i « calcari marnosi del Penice », sormontati stratigrafica-

mente dalle « arenarie » (« macigno ») e dalle « argille scagliose o galestri » con ofioliti. La tettonica è essenzialmente per piegamento.

Da questa concezione si differenzia quella di SACCO (1891), che, pur conservando unica la serie dei terreni, pone alla base di essa le « argille scagliose » di età cretacea; di conseguenza, per l'attuale sovrapposizione geometrica delle « argille scagliose » al macigno eocenico, la tettonica si fa più complicata: per pieghe coricate e per risalita diapiroide delle argille scagliose stesse.

Un momento molto importante nell'evoluzione del pensiero geologico interessante la zona si ha nel 1907, quando STEINMANN afferma, per la prima volta, che la serie non è unica e che la tettonica, analoga a quella alpina, è per falde di ricoprimento.

Accanto alla nuova concezione stratigrafica e strutturale perdurano però le ipotesi autoctonistiche, precedentemente formulate.

Così la seconda edizione (1916) della *Descrizione geologica della provincia di Pavia* di TARAMELLI riafferma l'unicità della serie e l'autoctonia dei terreni; alla base della serie l'A. pone ora il « macigno », ritenuto eocenico, al quale seguono, verso l'alto, le « argille scagliose », i « galestri » e il « calcare marnoso ad Helminthoidea ».

Lo schema faldista è viceversa accolto da ROVERETO (1926).

LUDWIG (1929), dallo studio della zona di Bobbio, deduce la distinzione di una « Untere Gesteins-Serie », una « Serpentin-Serie », una « Obere Gesteins-Serie » ed una « Costa-Formation »: la prima è autoctona, la seconda alloctona, le altre due neoautoctone.

Nello stesso anno compaiono, ad opera di SACCO, la prima edizione del Foglio « Voghera » e le relative note illustrative: esse ripetono i concetti illustrati dall'A. nei precedenti lavori.

Per la concezione faldista si pronuncia MERLA nel 1933.

DE VIJKERSLOOTH (1934) vede la falda appenninica in relazione ad una tettonica gravitativa.

TEICHMÜLLER e SCHNEIDER (1935) sottolineano la distinzione dei calcari marnosi dell'Ebro-Antola da quelli del Penice, ma, attribuendo i

primi al Cretaceo, li considerano in falda, mentre ROVERETO e LUDWIG li facevano neo-autoctoni.

Nel 1935 sia SACCO che SIGNORINI mettono in evidenza direttrici tettoniche trasversali nell'Appennino settentrionale, il primo ponendole in relazione con corrugamenti del substrato degli argilloscisti cretacei, l'altro con zone trasversali di sollevamento e di depressione, nelle quali affiorano le « argille scagliose » o come residuo di erosione o come accumulo in zone depresse.

Di particolare interesse per la porzione occidentale del foglio sono le *Note stratigrafiche e tettoniche sull'Appennino di Piacenza* di ANELLI (1938): l'A. interpreta il ricoprimento come « un immane slittamento regionale », che si sarebbe realizzato in parecchie tappe, con un massimo d'intensità alla fine dell'Eocene e con successive riprese.

Nel 1939 ROVERETO completa e precisa quanto esposto in precedenza, distinguendo un « neoautoctono » composto da rocce sedimentarie dell'Eocene superiore, una « falda mediana, di arrivo post-luteziano, composta da rocce sedimentarie e ignee di età titonica o cretacea », una « zona inferiore autoctona o in falda, di facies piacentino-pavese, composta da depositi luteziani, o in parte più antichi, sino alla scaglia senoniana », una « zona inferiore, autoctona o in falda, di facies spezzino-toscana, composta da assise eoceniche, e da inclusi tettonici mesozoici, con tutta probabilità una variazione della precedente ».

SIGNORINI (1946), fatta distinzione fra autoctono ed alloctono (per scivolamenti gravitativi), afferma che « il massimo dell'accumulo e della molteplicità del materiale di ricoprimento si raggiunge nell'Appennino Ligure-Piacentino »: dell'alloctono fanno parte anche formazioni oligoceniche e mioceniche, « la cui sede di sedimentazione doveva essere in una zona più interna di quella in cui si trovano attualmente ».

Un altro momento di grande interesse nell'evoluzione del pensiero geologico relativo all'Appennino settentrionale e quindi anche al Foglio « Voghera », è rappresentato dalle idee di MIGLIORINI e MERLA, compendiate nella *Geologia dell'Appennino settentrionale* di MERLA (1952): vien fatta distinzione semplicemente tra « autoctono » e « alloctono »; nel

primo il « macigno » è attribuito all'Oligocene; particolare è il meccanismo del ricoprimento: rughe, succedentisi da SW a NE e costituite secondo lo schema dei « cunei composti », spingono verso NE l'« alloctono » via via più ricco e caotico. In particolare MERLA considera alloctoni i terreni del Foglio « Voghera » sino al Pliocene.

La possibilità di un'alloctonia tongriana e post-tongriana della placca dell'Ebro-Antola è negata da BONI (1957) per i legami che essa presenta col Massiccio di Voltri; parimenti respinta da questo A. è l'alloctonia dei terreni oligo-miocenici del bacino terziario del Piemonte e del Vogherese.

Anche MERLA (1957) modifica però in tal senso le sue vedute, riaffermando tuttavia l'alloctonia di singoli lembi oligo-miocenici. Sia le arenarie di Bobbio e della Val d'Aveto che quelle della Riviera di Levante vengono considerate « macigno » ed attribuite all'Oligocene.

Rossi (1957) nel suo studio sulla Val d'Aveto distingue « macigno », « formazione di transizione », « calcari marnosi », « galestri basali », « flysch argilloso-ofiolitifero ». L'A. ritiene che esista continuità stratigrafica dal macigno ai galestri basali; lascia invece impregiudicata la natura dei rapporti fra questi e il flysch argilloso-ofiolitifero.

P. ELTER (1960) distingue nell'Appennino a NW delle Apuane un autoctono, quattro falde (falda toscana, falda dell'« alberese », falda delle argille ofiolitifere, falda del M. Antola) ed un neo-autoctono trasgressivo.

BONI nel 1962 esclude l'esistenza di lembi alloctoni nella serie oligo-miocenica di Garbagna e, nel 1961, attribuisce all'Oligocene le arenarie di Bobbio, in base alle microfaune oligoceniche superiori-mioceniche inferiori delle argille tipo Peli studiate da PANNELLA e PIZZOCHERO; l'arenaria dell'Aveto potrebbe essere più antica; l'« arenaria superiore » è ritenuta cretacea. L'A. ribadisce l'impossibilità di un'alloctonia tongriana e post-tongriana per il basamento del bacino terziario del Piemonte e dell'Appennino tortonese-pavese-piacentino e di un'alloctonia dei terreni oligo-miocenici; egli discute il problema del sovrascorrimento *in toto* da W o di un sottoscorrimento da E.

TEN HAAF (1961) vede nella « finestra » di Bobbio due complessi

distinti: la serie di Bobbio, costituente una grande flessura, e la serie della Val d'Aveto, del tutto differente dalla prima. Si tratta probabilmente di due unità tettoniche distinte, di cui quella dell'Aveto sarebbe alloctona.

LUCCHETTI (1962) ribadisce la concezione, già espressa da MERLA (1957), della presenza, lungo il margine appenninico, anche nel Vogherese, di una serie alloctona e di un autoctono.

LABESSE (1963), sulla base di risultati stratigrafici, distingue: 1) l'unità di Bobbio; 2) l'unità di Monte Penice; 3) l'unità di Monte Arpeselle; 4) l'unità del flysch ad Elmintoidi; 5) l'unità dell'Oligo-Miocene ligure-piemontese.

BAILEY e MCCALLIEN (1963) attribuiscono il « macigno » di Bobbio, ritenuto miocenico, alla loro « Spezia-Nappe », l'« alberese » del Penice (« Upper Cretaceous Limestone »), unitamente all'Arenaria superiore della Liguria orientale — attribuita al Miocene —, alla « Liguria-Nappe » e i Calcari dell'Antola, del Calzone e del basso Appennino pavese-piacentino (« Upper Cretaceous Limestone ») alla « Genoa-Nappe ».

Una distinzione dei terreni cretacei in facies di flysch è stata proposta — sempre nel 1963 — da SAMES. Questo A. afferma che nell'Appennino parmense-piacentino la « Buntschiefer-Serie » passa lateralmente alle Arenarie di Ostia, di età cenomaniana. I Conglomerati dei Salti del Diavolo, che si sviluppano dalla Val Baganza alla Val Tidone, sono interpretati come un'intercalazione caratteristica delle predette Arenarie di Ostia.

Per quanto concerne i sedimenti fliscioidi del Cretaceo superiore con facies di « alberese », SAMES evidenzia tre complessi: l'« Alberese del M. Antola », l'« Alberese del M. Caio » e l'« Alberese del M. Cassio »; quest'ultimo rappresenterebbe la facies più settentrionale e si svilupperebbe dal Modenese al Piacentino.

MUTTI (1963) propone la correlazione cronostatigrafica fra le « Arenarie di Bobbio-Val d'Aveto » ed il « Tongriano »; afferma altresì la possibile alimentazione da SW del bacino delle « Arenarie di Bobbio-Val d'Aveto », avanzando contemporaneamente l'ipotesi di un'alloctonia da SW del « Tongriano ».

Per quanto concerne il problema delle ofioliti, assume notevole significato il lavoro col quale GÖRLER e REUTTER (1963) sostengono la possibilità di una distinzione delle masse ofiolitiche appenniniche in due gruppi, in funzione dell'età e delle condizioni di giacitura. Il primo gruppo comprenderebbe le ofioliti giurassiche superiori-cretaciche inferiori, affioranti lungo un allineamento interno ed esteso dal Levantese alla zona di Ottone; al secondo gruppo apparterebbero invece le ofioliti affioranti a NE del predetto allineamento, ofioliti che si troverebbero inglobate, in giacitura secondaria, entro formazioni sedimentarie di età albiana superiore-turoniana inferiore. Per le masse ofiolitiche attribuite al secondo gruppo gli AA. accennano alla possibilità che alcune di esse possano derivare da una fase magmatica tardiva (Cretaceo medio-superiore).

L'anno successivo MUTTI (1964) elabora uno schema paleogeografico nel quale il « Tongriano » risulta costituito da flussoturbiditi depostesi lungo alcune depressioni (cañons?) scolpite nei versanti del bacino nel quale sarebbe avvenuta la sedimentazione del « Macigno ».

Il problema delle condizioni di giacitura delle ofioliti è ripreso da PASSERINI (1965), che segnala l'esistenza di una gamma di ben sei tipi di giacitura. Di questi, tre sarebbero sostanzialmente primari (« ofioliti alla base della serie Diaspri-Argilloscisti a palombini » o « a contatto con formazioni varie, con tracce di contatti magmatici »), due secondari (« ofioliti a contatto tettonico con terreni fliscioidi o caotici ») ed uno di incerta interpretazione (« ofioliti intercalate a formazioni fliscioidi ed accompagnate da breccie ofiolitiche, calcaree e poligeniche »). Il tipo ultimo citato potrebbe, secondo l'A., essere dovuto a slittamenti e frane sottomarine di masse ofiolitiche e di breccie oppure ad effusioni magmatiche, nel bacino di sedimentazione delle formazioni fliscioidi.

Nuovi rapporti stratigrafici e tettonici sono proposti da P. ELTER, GRATZIU e LABESSE nel 1964. Questi AA. distinguono come unità tettoniche nella regione delle valli Trebbia e Aveto:

- a) il complesso di Bobbio, ritenuto oligocenico;
- b) il complesso eocenico delle argille e calcari e delle arenarie dell'Aveto, fra loro legati stratigraficamente;

- c) il complesso del flysch cretaceo di M. Deگو;
- d) il complesso ofiolitifero.

P. ELTER, G. ELTER, STURANI e WEIDMANN (1966) danno uno schema strutturale dell'Appennino ligure in cui distinguono, entro l'area del Foglio « Voghera »:

- 1) « Bassin piémontais »;
- 2) « Unités du Monte Penice-Farini d'Olmo-Monte Sporno ecc. »;
- 3) « Unité du Monte Cassio »;
- 4) « Unité du Monte Antola »;
- 5) « Unité du Monte Caio »;
- 6) « Unité des argiles et calcaires »;
- 7) « Unité de Pracchiola ».

Per quanto concerne la stratigrafia della placca calcareo-marnosa dell'Ebro-Antola, merita di essere ricordato, in questa breve rassegna, che ABBATE e SAGRI (1967) hanno introdotto una suddivisione della locale serie in due unità litostratigrafiche, che si succedono dal basso nell'ordine:

- a) Formazione dell'Antola (con il Membro di Bruggi);
- b) Formazione dell'Albirola (con i membri di Selvapiana e di Cabella).

Alla prima formazione gli AA. suddetti attribuiscono un'età estesa dal Turoniano al Maastrichtiano, alla seconda dal Maastrichtiano al Paleocene. In questa sede si ritiene opportuno ricordare che le serie-tipo delle suddette unità litostratigrafiche cadono tutte nell'ambito del Foglio « Voghera ».

Nel 1968 BONI, BRAGA e MARCHETTI, in base al rinvenimento di microfaune significative, attribuiscono sia alla Formazione di Bobbio, sia alla Formazione di Val d'Aveto un'età langhiana: ciò permette una nuova visione dei rapporti strutturali fra le due formazioni.

Sulla base di queste nuove attribuzioni stratigrafiche la Scuola pavese pubblica, nel 1968, la « Carta geologica della "finestra" di Bobbio » alla scala 1:50.000 (BELLINZONA ed altri, 1968).

SCHLÜTER (1968), in uno studio sulla stratigrafia e la tettonica della « finestra » di Bobbio, distingue:

- a) *Autoctono*, comprendente le Arenarie di Bobbio, con serie estesa dall'Eocene superiore al Langhiano;
- b) *Parautoctono*, comprendente le Arenarie dell'Aveto, con serie estesa dall'Eocene medio all'Oligocene;
- c) *Liguridi I*, comprendenti il Calcarea del Penice, con serie estesa dal Paleocene all'Eocene medio;
- d) *Liguridi II*, comprendenti l'Alberese Orocco-Caio, con serie estesa dal Cenomaniano al Maastrichtiano;
- e) *Liguridi III*, comprendenti termini vari (fra i quali le « Argille a palombini », la « Buntschiefer-Serie » e l'« Ostia-Sandstein ») di età compresa fra il Giurassico superiore ed il Cenomaniano;
- f) *Liguridi III - Serie delle Breccie*, costituenti una probabile sottounità, comprendente terreni fliscioidi ricchi di breccie ad elementi ofiolitici e dubitativamente riferiti all'Aptiano-Turoniano.

REUTTER (1968) distingue, entro l'area del Foglio « Voghera », ben sette unità tettoniche:

- 1) *Emilianidi I* = Unità Modino-Cervarola (Arenarie di Bobbio);
- 2) *Liguridi I* = Unità del calcarea e argilla (« calcarea e argilla » e Arenarie dell'Aveto);
- 3) *Liguridi II* = Unità Orocco-Caio;
- 4) *Liguridi III* = Unità ofiolitifera ligure;
- 5) *Liguridi III-a* = Unità Antola;
- 6) *Emilianidi IV* = Unità Cassio;
- 7) *Emilianidi V* = Unità Sporno.

L'A. è poi incerto se attribuire alle Liguridi II, III o alle Emilianidi le ofioliti, le Arenarie di Ostia e gli Scisti policromi.

Nello stesso anno REUTTER e SCHLÜTER (1968) spiegano i rapporti di giacitura delle formazioni implicate nella struttura di Bobbio, come dovuti ad una tettonica sinsedimentaria.

III — SGUARDO GEOLOGICO D'ASSIEME

Il Foglio 71 « Voghera » è un foglio geologicamente molto complesso sia per la varietà dei terreni, sia per la molteplicità delle zone strutturali.

I terreni fra loro legati stratigraficamente (e non sempre siffatto legame è concordemente ammesso) costituiscono serie o lembi di serie, i cui reciproci rapporti sono peraltro spesso controversi.

Da questo punto di vista si possono distinguere:

- I) la copertura alluvionale quaternaria;
- II) la serie dei terreni del Miocene superiore e del Pliocene;
- III) la serie dei terreni dall'Eocene al Miocene medio del Bacino terziario del Piemonte;
- IV) la serie dei terreni dall'Eocene al Miocene medio dell'Appennino tortonese-vogherese;
- V) la serie dei terreni comprendente i Calcari di Monte Antola;
- VI) la serie dei terreni comprendente i Calcari di Zebedassi;
- VII) la serie dei terreni comprendente i Calcari di Monte Cassio;
- VIII) la serie dei terreni comprendente i Calcari di Monte Caio;
- IX) la Formazione di Val Luretta;
- X) la Formazione di Monte Penice;
- XI) la Formazione di Bobbio;
- XII) la Formazione di Val d'Aveto.

Sono stati inoltre cartografati quattro complessi, tre dei quali, quello di Coli, quello di Sanguinetto e quello indifferenziato, di dubbia origine e posizione; uno, quello caotico, di origine tettonica.

Nella *copertura quaternaria alluvionale* sono state distinte:

- 1) Alluvioni attuali degli alvei attivi dei corsi d'acqua;
- 2) Alluvioni postglaciali;
- 3) Alluvioni prevalentemente argillose della superficie principale della pianura a S del Po, attribuibili in parte alle Alluvioni postglaciali, in parte al Fluviale recente;
- 4) Fluviale recente;
- 5) Fluviale medio;
- 6) Fluviale antico.

La serie dei terreni del Miocene superiore e del Pliocene, uniformemente estesa lungo il margine appenninico, comprende:

- 1) Sabbie di Asti;
- 2) Argille di Lugagnano;
- 3) Conglomerati di Cassano Spinola;
- 4) Formazione gessoso-solfifera.

La serie dei terreni dall'Eocene al Miocene medio del Bacino terziario del Piemonte (a S della linea Villalvernia-Varzi), poggiante sulle Argilliti di Pagliaro o, direttamente, sui Calcari di Monte Antola, è costituita da:

- 1) Marne di S. Agata Fossili del Messiniano?-Tortoniano;
- 2) Arenarie di Serravalle del Serravalliano;
- 3) Marne di Cessole del Langhiano;
- 4) Formazione di Castagnola del Miocene prelanghiano;
4') Formazione di Variano (eteropica p.p. della Formazione di Castagnola) del Miocene inf.;
- 5) Marne di Rigoroso del Miocene inf.-Oligocene sup.;
5') Marne di M. Zuccaro (eteropiche delle Marne di Rigoroso p.p. e della Formazione di Castagnola p.p.) del Miocene inf.-Oligocene sup.;
- 6) Arenarie di Ranzano dell'Oligocene sup.-Eocene sup.;

6') Formazione di Monastero (eteropica in parte delle Arenarie di Ranzano e, forse, in parte delle Marne di Rigoroso) dell'Oligocene sup.;

6'') Conglomerati di Savignone (eteropici delle Arenarie di Ranzano) dell'Oligocene;

7) Marne di Vigonzo dell'Eocene sup.

Questa serie è legata stratigraficamente alle serie dei terreni miopliocenici descritti sopra. Inferiormente essa è sovrapposta, in continuità di sedimentazione secondo alcuni AA., con lacuna stratigrafica più o meno ampia secondo altri, alla serie comprendente i Calcari di Monte Antola.

La serie dei terreni dall'Eocene al Miocene medio dell'Appennino tortonese-vogherese è costituita da:

- 1) Marne di S. Agata Fossili del Messiniano?-Tortoniano;
 - 1') Arenarie di M. Vallassa del Tortoniano-Serravalliano;
- 2) Arenarie di Serravalle del Serravalliano;
- 3) Marne di Monte Lumello del Langhiano-Miocene prelanghiano;
- 4) Marne di Antognola (?) del Miocene prelanghiano-Eocene sup.;
- 5) Arenarie di Ranzano dell'Oligocene sup.-Eocene sup.;
- 6) Marne di Monte Piano dell'Eocene sup.-Eocene inf. ?

Anche questa serie è legata stratigraficamente a quella dei terreni mio-pliocenici. Inferiormente è sovrapposta, in continuità di sedimentazione (?), ai Calcari di Zebedassi, alla Formazione di Val Luretta e, con discordanza più o meno ampia, ai Calcari di Monte Cassio.

La serie dei Calcari di Monte Antola, ricoperta, nelle condizioni predette, dai terreni del Bacino terziario del Piemonte, comprende:

- 1) Argilliti di Pagliaro dell'Eocene medio-Paleocene;
- 2) Calcari di Monte Antola del Paleocene-Turoniano;
- 3) Argilliti di Montoggio (?) del Turoniano-Cenomaniano.

Controversa è la natura dei rapporti fra Calcari di Monte Antola e

?4) Arenarie di Scabiazza del Turoniano-Cenomaniano;

?5) « Argille a Palombini di Monte Veri » del Turoniano-Albiano;

?6) « Argille a palombini di Barberino » dell'Albiano?-Aptiano.

La serie dei Calcari di Zebedassi, che sembrerebbe sottoposta in continuità alle Marne di Monte Piano dell'Appennino tortonese-vogherese, comprende:

- 1) Calcari di Zebedassi del Paleocene-Turoniano;
- 2) Arenarie di Scabiazza del Turoniano-Cenomaniano;
- 3) « Argille a palombini di Barberino » dell'Albiano?-Aptiano.

La serie dei Calcari di Monte Cassio, sormontata, in discordanza più o meno ampia, dai terreni eo-oligo-miocenici dell'Appennino tortonese-vogherese, comprende:

- 1) Calcari di Monte Cassio del Paleocene?-Turoniano;
- 2) Arenarie di Scabiazza del Turoniano-Cenomaniano;
- ?3) « Argille a palombini di Barberino » dell'Albiano?-Aptiano.

I *Calcari di Monte Caio*, che affiorano molto limitatamente nel Foglio « Voghera », mentre sono ampiamente sviluppati nel contiguo Foglio « Rapallo », sembrano avere a letto le « Argille a palombini di Monte Veri » e potrebbero essere legati a tetto colla Formazione di Monte Penice.

La Formazione di Val Luretta, legata stratigraficamente ai terreni terziari dell'Appennino tortonese-pavese-piacentino e attribuibile all'Eocene medio - Paleocene, non presenta nell'area del foglio un chiaro substrato stratigrafico.

La Formazione di Monte Penice, il cui tetto potrebbe essere costituito dal Complesso di Sanguinetto e il letto dai Calcari di Monte Caio, è estesa dall'Eocene medio al Paleocene.

La Formazione di Bobbio, distinta in tre membri (Argilliti di Peli, Arenarie di S. Salvatore, Argilliti di Brugnello) è attribuibile al Langhiano; essa potrebbe continuarsi a tetto nel complesso di Coli e a letto in quello di Sanguinetto.

La *Formazione di Val d'Aveto*, suddivisa in due membri (Arenarie dell'Aveto e Argilliti di Ruffinati), è pure da assegnarsi al Langhiano; essa sembrerebbe legata a letto col Complesso di Sanguineto.

Il *Complesso di Sanguineto* e il *Complesso di Coli* sono stati così denominati per l'impossibilità di escludere una loro origine, almeno in parte, tettonica; il *Complesso indifferenziato* comprende frammenti di serie e lembi di terreni in minuti affioramenti ed in intimi rapporti, così da non poter essere cartografati separatamente.

La *tettonica* dipende spesso dal significato attribuito ai suddetti lembi di serie e dal conseguente valore dei loro rapporti.

Comunque dal punto di vista strutturale si possono distinguere nell'ambito del Foglio « Voghera »:

- 1) la fascia pedemontana;
- 2) lo « Sperone di Tortona » (vedi BONI e CASNEDI, 1970);
- 3) il basso Appennino pavese;
- 4) l'estrema propaggine orientale del bacino-terziario del Piemonte;
- 5) la porzione settentrionale della « placca » dell'Ebro-Antola;
- 6) la parte nord-occidentale della « placca » pavese-piacentina, costituita essenzialmente dalla Formazione di Val Luretta;
- 7) la zona a lembi di Calcari di Monte Cassio;
- 8) la zona del Monte Penice;
- 9) la « finestra di Bobbio ».

Si può dire che ciascuna di queste zone presenti un carattere strutturale proprio, che sarà illustrato nel capitolo « Tettonica », dove saranno esaminati anche, rapidamente, i rapporti fra le singole zone.

IV — STRATIGRAFIA

1) γ — « Graniti cataclastici e miloniti granitiche »

Sono rari e, in ogni caso, affiorano in masserelle di dimensioni molto ridotte.

Sono presenti come grugni isolati, inglobati (olistoliti) nelle « Argille a palombini di Barberino » e di « Monte Veri » e nel Complesso caotico.

Sono stati mappati soltanto gli affioramenti maggiori, tutti compresi entro le « Argille a palombini di Barberino »: zona di Zebedassi, valle del T. Aronchio a S di Giarola, S. Margherita di Staffora, Casoni, M. Lago, zona dei monti Pietra di Corvo e Pradegna a N di Bobbio, Gavi ecc.

Caratteristica comune di tutte le masserelle granitiche è l'intensa deformazione meccanica: si passa da graniti cataclastici a vere e proprie miloniti granitiche.

Presentano in genere grana media, più raramente grossolana: assai caratteristica è, in questo caso, la presenza di grossi cristalli di feldspato roseo (« struttura porfiroide »).

Petrograficamente si distinguono anche tipi granodioritici. Anche recenti datazioni assolute (EBERHARDT ed altri, 1962) hanno confermato l'età ercinica comunemente attribuita a queste masserelle granitiche associate alle « argille a palombini ».

2) « Ofioliti »

Serpentiniti prevalentemente lherzolitiche, più o meno brecciate (Sr); eufotidi (ϵ); diabasi spilitici e massicci (β); ofioliti indifferenziate,

oficalciti e ofisilici (of). Cretacico inf. - Giurese sup. (per alcune masserelle, soprattutto oficalcitiche, non si esclude peraltro un'età più recente).

Nel Foglio « Voghera » le principali e più abbondanti masse ofiolitiche sono ubicate nel II quadrante, dove risultano inglobate nelle « Argille a palombini di Monte Veri » e nelle « Argille a palombini di Barberino ».

Numerose masserelle si rinvencono altresì nell'area di affioramento del Complesso caotico (per es. nella zona a SE di Roccapulzana in Val Chiarone) dove localmente risultano ancora associate a lembi di Formazione dei diaspri e di Calcare a Calpionelle ligure; altre ancora, di dimensioni maggiori delle precedenti, sono presenti nella media Val Curone, incluse in un locale affioramento di « Argille a palombini di Barberino »; altre, infine, sono cartografate nella zona di Rocchetta Ligure (angolo di SW del foglio), dove appaiono inglobate nei Conglomerati di Savignone.

In tutti i casi citati le masse ofiolitiche maggiori sono accompagnate da sedimenti clastici, più o meno stratificati, rappresentati da breccie e conglomerati ofiolitici, arenarie ofiolitiche, breccie poligeniche, breccie a matrice argillosa ad elementi prevalentemente calcarei ecc.

I rapporti fra le masse ofiolitiche e le suddette rocce sono spesso tali da far pensare che siano arrivati per primi i clastici minori, poi, via via, quelli di maggiori dimensioni, fino alla messa in posto della massa ofiolitica.

La giacitura delle masse ofiolitiche, la presenza di questo loro « corredo » di sedimenti clastici, l'assenza di chiari fenomeni di metamorfismo di contatto, sembrano quasi ovunque denotare una loro giacitura secondaria.

L'età — riferita alla giacitura primaria — della stragrande maggioranza delle ofioliti affioranti entro l'area del Foglio « Voghera » deve essere verosimilmente quella normalmente attribuita alle ofioliti appenniniche, ritenute del Cretacico inferiore-Giurassico superiore. Età più recente po-

trebbero tuttavia avere alcune masse minori, in particolare quelle oficalcitiche, dato che l'origine di queste ultime potrebbe essere connessa a fenomeni idrotermali successivi (vedi ad es. MUTTI e PASQUARÉ, 1962), ai quali sembrerebbero ricollegabili anche le mineralizzazioni a talco, presenti in più punti, per es. a S di Cerignale (zona di Oneto) e in località Cima delle Scalette.

Le *serpentiniti* (Sr) sono le più diffuse e le maggiori fra le masse ofiolitiche affioranti nell'ambito del foglio.

Particolarmente imponenti sono quelle inglobate nella fascia di « Argille a palombini di Barberino », che si sviluppa con direzione NW-SE da Romagnese al Monte Tre Abati, e costituenti i rilievi di M. Pietra di Corvo, Sassi Neri, il Groppo, M. Pradegna, M. Barberino, M. Gavi, M. Tre Abati, M. S. Agostino, ecc.; tale fascia si continua nel contiguo Foglio 72 « Fiorenzuola d'Arda ».

Di dimensioni più ridotte sono quelle inglobate nella stessa formazione a Zebedassi in Val Curone e nella fascia da S. Margherita Staffora a Corte Brugnatella.

Di media grandezza sono le masse di serpentiniti incluse nelle « Argille a palombini di Monte Veri ».

Si tratta di rocce di colore prevalentemente grigio-verdastro, corrispondenti a peridotiti lherzolitiche ed ai prodotti di una loro più o meno intensa trasformazione.

Si possono pertanto distinguere peridotiti lherzolitiche, serpentiniti lherzolitiche e serpentiniti s.s.

Risulta peraltro spesso difficile operare una chiara distinzione fra questi tipi litologici, in quanto frequentemente esiste una notevole variabilità mineralogica e strutturale già nell'interno delle singole masse.

Si può tuttavia affermare che, nell'area del Foglio « Voghera », le masse serpentinosi corrispondono, nella stragrande maggioranza dei casi, a serpentiniti lherzolitiche.

L'analisi mineralogica denota infatti la relativamente abbondante per-

sistenza di minerali primari (olivina, diallaggio, augite, enstatite, cromite, picotite) accanto a quelli secondari di neoformazione (antigorite, bastite, orneblenda, pennina, humite, ecc.).

Assai più rare sono le serpentiniti s.s., con prevalenza di minerali secondari. Possiamo citare come da esse formati i rilievi di M. Pietra di Corvo e M. Pradegna (PELIZZER, 1961).

I *gabbri eufotidi* (ϵ) sono molto rari e, in ogni caso, in masse di dimensioni assai ridotte, per lo più non cartografabili separatamente, data la scala della carta.

I soli affioramenti mappati (peraltro difficilmente individuabili sul foglio) sono quelli ubicati lungo il fondovalle del Trebbia, poco a valle della confluenza del T. Avagnone. Essi sono inglobati nelle « Argille a palombini di M. Veri ».

Altre minute masserelle sono localmente disperse nelle « Argille a palombini di Barberino », per esempio nelle zone di M. Pradegna e dei Sassi Neri a N di Bobbio e nel Complesso caotico.

Sono generalmente a grana grossa e molto alterati. Dal punto di vista mineralogico vanno citati, tra i principali costituenti, plagioclasti basici, iperstene e diallaggio; questi minerali sono spesso trasformati parzialmente per prehnitizzazione, saussuritizzazione, cloritizzazione ecc. Particolarmente accentuata è la prehnitizzazione subita dalle masserelle di gabbro eufotide affiorante al M. Pradegna (PELIZZER, 1961).

Meno frequenti e più ridotti rispetto a quelli delle serpentiniti sono gli affioramenti di *diabasi spilitici e massicci* (β); non mancano tuttavia masse di una certa entità: per es. quelle ubicate sulla sponda destra del Trebbia, al margine meridionale del foglio, associate alle « Argille a palombini di M. Veri », e le masse incluse nei Conglomerati di Savignone a SW di Rocchetta Ligure; più piccoli sono in generale i grugni diabasici inglobati nelle « Argille a palombini di Barberino ».

Presentano generalmente colorazione rosso-bruna o grigio-rossastra; possono essere massicci (generalmente brecciati) o presentare una struttura a « pillows-lavas » (si veda ad esempio la massa diabasica segnalata al margine meridionale del foglio, sulla riva destra del Trebbia).

Non mancano strutture variolitiche, particolarmente diffuse nell'ambito dei singoli « pillows ».

L'associazione mineralogica fondamentale è data da prevalenti plagioclasti sodici, da pirosseni (augiti) e, in percentuale variabile, magnetite e ilmenite; fra gli accessori sono in genere presenti apatiti e zircone; fra i minerali di neoformazione, frequenti sono le cloriti e le sericiti.

Come *ofioliti indifferenziate, ofcalciti e ofsilici* (of) sono stati indicati, accanto alle masserelle di ofcalciti e ofsilici, quegli affioramenti, generalmente piccoli, di rocce ofiolitiche, che, per l'intensa fratturazione e l'elevato grado di alterazione, non è stato possibile classificare altrimenti. Si tratta in prevalenza di serpentiniti minutamente brecciate, talora parzialmente ricementate, ma non mostranti ancora i caratteri di ofcalciti.

Piccole masserelle di ofcalciti e, più raramente, di ofsilici si rinven- gono, sparse e isolate, nelle « Argille a palombini di Barberino » e di « Monte Veri » e nel Complesso caotico.

Assai caratteristica è la presenza di masserelle ofcalcitiche nella piccola fascia di « Argille a palombini di Barberino » esistente a E di S. Margherita Staffora; esse affiorano proprio in corrispondenza dell'accavallamento esteso dalla zona di Menconico a quella di Corte Brugnatella: le masserelle ofcalcitiche hanno distribuzione alquanto regolare (parallela all'orlo di accavallamento), quasi a sottolineare ulteriormente la presenza di un disturbo tettonico.

3) « Formazione dei diaspri »

G^{11.9} — *Diaspri varicolori, in straterelli alternati a siltiti e calcari silicizzati che diventano prevalenti verso l'alto; nelle serie complete, al passaggio con il « Calcare a Calpionelle ligure », intercalazioni di « Scisti ad Aptici »; abbondanti radiolari e spicole di spugne. Giu- rese sup.*

Questa formazione è rappresentata da modesti affioramenti, in cui

i diaspri sono talora ancora legati al Calcare a Calpionelle ligure e inglobati nel Complesso caotico o nelle « Argille a palombini di Barberino ».

Dei lembi di formazione incontrati sul terreno, sono stati cartografati separatamente solo quelli aventi dimensioni compatibili con la scala del foglio (M. della Selva in Val Ghiaia di Montalto e M. Cardarola-Cignate nell'alta Val Luretta). Gli affioramenti minori sono stati compresi indistintamente nelle formazioni inglobanti.

Nello spaccato visibile sul versante sud-occidentale del M. Cardarola (margine orientale del foglio) la formazione appare costituita da un orizzonte di peliti silicee rossastre (diaspri s.s., potenti 30 m ca.), cui soggiacciono alternanze di argilliti scheggieose e arenarie fini, impregnate di selce verdina (130 m ca.).

L'intensità della silicizzazione decresce progressivamente verso la base. Forme caratteristiche della silicizzazione degli strati basali sono rappresentate da « anelli di silicizzazione » superficiali.

Sia nell'affioramento appena descritto, che negli altri cartografati, i diaspri non sono legati a qualcosa che possa essere interpretato come loro substrato stratigrafico. Solo in corrispondenza di un minuscolo affioramento situato nei pressi di Poggio Rondino (4 km ca. a NE di Ponte Organasco) si è constatato che il diaspro poggia sul diabase a « pillows » (*).

I fossili rinvenuti nei diaspri sono esclusivamente rappresentati da spoglie di organismi a guscio siliceo (radiolari e spicole di spugne triassone). Per quanto numerosissimi, questi fossili non forniscono, purtroppo, precise indicazioni stratigrafiche. Maggior significato hanno invece gli esemplari di aptici rinvenuti nelle sottili intercalazioni sommitali della formazione, al passaggio con il sovrastante Calcare a Calpionelle ligure. Gli esemplari qui raccolti (BRAGA, 1957) appartengono alle specie *Punctaptycus punctatus* (VOLTZ) e *Laevaptycus latus taxopora* TRAUTH, la seconda delle quali sarebbe comparsa nel Malm superiore (Titoniano). Questo dato proverebbe che la Formazione dei diaspri si estende verso l'alto

(*) Secondo PASSERINI (1965) questo contatto sarebbe contrassegnato da fenomeni di metamorfismo.

fino a comprendere parte del Titoniano. Viceversa, per quel che riguarda la base della formazione, non si hanno, come si è visto, elementi altrettanto precisi. Per questo alla Formazione dei diaspri è stata attribuita un'età comprensiva di tutto il Giurese superiore.

4) « Calcare a Calpionelle ligure »

C² - G¹¹ — *Calcarei criptocristallini, biancastri, con sporadiche lenti di selce; microfauna a tintinnidi, radiolari e nannoconi. Neocomiano-Titoniano.*

Alcuni lembi di questa formazione sono inclusi nel Complesso caotico (Valle Ghiaia di Montalto e alta Val Luretta) e, più raramente, nelle « Argille a palombini di Barberino » (alti bacini dei torrenti Bobbio e Tidone Merlingo).

Solo in alcuni dei maggiori affioramenti il Calcare a Calpionelle ligure appare ancora stratigraficamente legato alla sottostante Formazione dei diaspri, attraverso il caratteristico orizzonte degli Scisti ad Aptici (BRAGA, 1957). Negli altri casi le serie rilevate risultano abitualmente troncate verso il basso prima di detto contatto.

Di particolare interesse può essere considerato l'affioramento di Praticchio, in corrispondenza del quale il Calcare a Calpionelle ligure giace sul diabase spilitico e, secondo TEICHMÜLLER e SCHNEIDER (1935), sarebbe interessato da fenomeni di metamorfismo.

Anche a tetto i rapporti con altre formazioni sono generalmente anormali (tettonici o contrassegnati da discordanza stratigrafica).

La litofacies osservata nei vari affioramenti è piuttosto uniforme: si tratta di una successione di strati calcarei biancastri, fra i quali s'inseriscono, nella parte alta della formazione, sottili livelli di argille quasi pure. I calcarei hanno struttura compatta e grana molto fine (da micro- a criptocristallina) e contengono un elevato tenore in CaCO₃ (82-90%). La frazione non carbonatica è rappresentata da minerali argillosi e da silice calcedoniosa; questa è generalmente diffusa in tutto lo strato, ma talora risulta concentrata in noduli o liste. I letti calcarei sono frequentemente

attraversati da suture stilolitiche, accompagnate da un sottile velo di argilla.

Come si è già accennato in precedenza, la valutazione della potenza della formazione è praticamente impossibile (a titolo indicativo si ricorda che gli spessori misurabili non superano in alcun caso i 90 m).

Il contenuto microfaunistico è relativamente abbondante e proviene essenzialmente dai calcari. Negli affioramenti di Montù Berchielli (BRAGA, 1960) sono stati individuati tintinnidi [*Calpionella alpina* LORENZ, *C. elliptica* CADISCH, *Tintinnopsella carpathica* (MUR. e FIL.), *T. cadischiana* COLOM, *Stenosemellopsis hispanica* (COLOM)], nannoconi e radiolari (generi *Nassellaria* e *Spumellaria*).

In base all'evoluzione riscontrata nelle associazioni fra le forme suddette, sia a Montù Berchielli che altrove, l'età del Calcare a Calpionelle ligure risulta estesa dal Neccomiano al Titonico p.p.

5) « Complesso caotico »

« — *Complesso di origine essenzialmente tettonica, comprendente lembi riferibili a più unità litostratigrafiche, che vanno dalle « argille a palombini » alle « Marne di Monte Piano » ed eccezionalmente anche ad altre più recenti; in esso si riconosce una matrice argillosa, varia per natura ed età, che ingloba pacchi e brandelli di strati di rocce più rigide [calcari, calcari marnosi e marne (E²-PC; PC-C⁷), arenarie micacee (C⁷⁻⁶), argille varicolori (C⁷⁻⁶_{sp}), calcari a calpionelle (C²-G¹¹), diaspri (G¹¹⁻⁹), ofioliti (Sr, β, of)], di dimensioni variabilissime; di esse sono state distinte solo le masse più cospicue.*

Con questa denominazione informale sono stati cartografati quei materiali litologicamente eterogenei e con assetto caotico, che vengono a giorno lungo i fronti di importanti piani di accavallamento o al nucleo di strutture anticlinaliche fortemente strizzate. Le aree di affioramento di questo complesso cadono essenzialmente nel I e IV quadrante, interessando plaghe più o meno estese dei bacini dei torrenti Chiarone, Tidone, Ghiaia di Montalto e Staffora.

Ad un esame dettagliato il materiale attribuito al complesso in parola appare costituito da una matrice argillosa, spesso variegata, plastica, nella quale sono inclusi brandelli, di varie dimensioni, di più formazioni. In altre parole si tratta di un complesso di origine pluriformazionale, formatosi per mescolamento tettonico di lembi di formazioni diverse, portate a contatto fra loro da eventi tettonici.

Alla costituzione del Complesso caotico hanno certamente contribuito, sia pure in quantità diversa, le « Argille a palombini di Barberino » (con i relativi inclusi), le Arenarie di Scabiazza, i Calcari di Monte Cassio, i Calcari di Zebedassi, la Formazione di Val Luretta, le Marne di Monte Piano e, eccezionalmente, termini più recenti.

I brandelli di dette formazioni sono riconoscibili quando conservano l'originaria stratificazione o attraverso qualche frammento di strato a consistenza litoide; negli altri casi essi si confondono con la matrice.

Dato il meccanismo di origine, l'età del Complesso caotico non è di facile definizione. Esso potrebbe infatti essersi formato in occasione di più fasi tettoniche successive, arricchendosi via via di brandelli di formazioni sempre più recenti. In tal caso assumerebbero significato preciso soltanto gli elementi più giovani, mentre gli altri avrebbero soltanto un valore indicativo, testimoniando fasi antecedenti, difficilmente separabili l'una dall'altra.

6) « Argille a palombini di Barberino »

C⁵⁻⁴ — *Alternanze, intensamente tettonizzate, di argille scure e di calcari silicei chiari, a grana molto fine, sublitografici, di tipo palombino, con rari interstrati di biocalcareniti; brecce a matrice argillosa (« olistostromi »), prevalentemente calcaree (ol); brecce e arenarie ofiolitiche e brecce poligeniche (bo), brecce prevalentemente o esclusivamente calcaree (bc); la formazione ingloba masse, talora molto rilevanti, di ofioliti (Sr, β, of), graniti (γ), « Calcare a Calpionelle ligure » (C²-G¹¹) e diaspri (G¹¹⁻⁹); nelle biocalcareniti associazioni a troco-*

line, orbitolinidi, dasycladacee; nei calcari sublitografici sono presenti radiolari, tintinnidi (rimaneggiati?), nannoconi. Albiano?-Aptiano.

La formazione, fundamentalmente costituita da alternanze di argille scure e di calcari silicei chiari, a grana molto fine, sublitografici, di tipo palombino, ha spesso aspetto caotico in seguito alla tettonizzazione subita; talora infatti il calcare appare disperso in minuti frammenti entro la matrice argillosa (« calcare a blocchi » Auct.); tuttavia localmente si possono osservare successioni regolari dei due tipi litologici fondamentali. Il rapporto percentuale fra argille e calcari è variabile da luogo a luogo. L'argilla presenta, con relativa costanza, i caratteri di una pelite povera di silt, leggermente scagliettata e di colore grigio-plumbeo. Il calcare è più variabile sia come spessore degli strati, sia come natura.

Due sono i tipi fondamentali di calcare: l'uno, più frequente, mostra grana fine, colore grigio-chiaro e frattura concoide, per presenza di silice diffusa, con sottilissime venature, talora stilolitiche, di calcite; esso si presenta per lo più in strati di alcuni dm e raramente comporta una base detritica; i fossili riconoscibili sono rappresentati da radiolari sferici, rari tintinnidi (rimaneggiati?) e nannoconi.

L'altro litotipo calcareo è costituito da biocalcareni passanti a biospariti, di colore grigio-plumbeo (che diviene brunastro per alterazione), a frattura irregolare, in strati con spessori di diversi dm; le microfaune presenti sono costituite da ricche associazioni a trocoline, orbitolinidi, dasycladacee, frammenti di aptici ecc.

Gli strati di questo calcare si intercalano saltuariamente a quelli del tipo precedente.

Nella formazione sono inglobate ofioliti [serpentiniti prevalentemente lherzolitiche, più o meno brecciate (Sr); eufotidi (ϵ); diabasi spilitici e massicci (β)], graniti cataclastici e miloniti granitiche (γ), in masse non sempre rilevanti, brecce e arenarie ofiolitiche e brecce poligeniche (bo), spesso legate alle masse ofiolitiche in una successione che sembra andare dalle brecce poligeniche e dalle arenarie ofiolitiche, alle brecce ofiolitiche e alle ofioliti.

L'inglobamento di questi litotipi è dovuto verosimilmente all'arrivo

nel bacino di sedimentazione delle « argille a palombini » (in seguito a frana?) di materiali derivanti dallo smantellamento di rughe ofiolitiche e della loro copertura.

A frane sottomarine sono in particolare dovute le brecce a matrice argillosa (olistostromi). Partendo da questo schema interpretativo si comprende facilmente come tra i vari tipi di depositi clastici possano esistere continue variazioni laterali e verticali e come, di conseguenza, i relativi limiti tracciati sulla carta abbiano carattere puramente indicativo.

In alcuni olistoliti con facies calcarenitica sono state riscontrate associazioni microfaunistiche che corrispondono a quelle dianzi citate per i livelli basali gradati di alcuni banchi calcarei. Particolarmente significativi alcuni esemplari di *Orbitolinopsis* sp.

Le associazioni microfaunistiche rinvenute sia negli interstrati calcarei che negli olistoliti fanno attribuire alle « Argille a palombini di Barberino » un'età aptiana, fors'anche albiana; non sono stati rinvenuti elementi che permettano l'assegnazione a piani più recenti.

Nel Foglio « Voghera » le « Argille a palombini di Barberino » affiorano in fascia pressochè continua, a direzione appenninica, da Corte Brugnatella al T. Aronchio; in lembi isolati lungo l'orlo di ricoprimento dell'ofiolitifero sulla Formazione di M. Penice; ancora in fascia a direzione appenninica da M. Gavi a M. Pietra di Corvo; in affioramenti più o meno estesi a N di Cassolo (Val Trebbia); un affioramento isolato e lontano dai predetti è quello di Zebedassi in Val Curone, dove esse sono accompagnate da serpentiniti e da graniti.

Lembi della formazione più o meno differenziabili come tali sono inglobati nel Complesso caotico e fors'anche nel Complesso indifferenziato.

Lo stato di tettonizzazione nel quale generalmente si presenta la formazione non permette una valutazione, anche approssimata, della sua potenza originaria, che peraltro, dato il carattere della formazione stessa, doveva essere variabile da luogo a luogo.

7) « Argille a palombini di Monte Veri »

C_v⁷⁻⁵ — *Alternanze di argille scure e di calcari di tipo palombino, con*

intercalazioni di biocalcareni; brecce a matrice argillosa («olistostromi»), prevalentemente calcaree (ol_v); brecce e arenarie ofiolitiche, brecce poligeniche (bo_v); la formazione ingloba masse, anche molto rilevanti, di ofioliti (Sr, ε, β, of) più o meno brecciate; nelle biocalcareni associazioni a trocoline, orbitolimidi, dasycladacee; nei calcari di tipo palombino presenza di radiolari, tintinnidi (rimaneggiati?), nannoconi e Globigerinaceae; in elementi di olistostromi (Monte Grattara) presenza di *Rotalipora appenninica* (RENZ), *Planomalina buxtorfi* (GAND.), *Praeglobotruncana stephani* (GAND.). Turoniano?-Albiano?

Come risulta anche dalla legenda, le «Argille a palombini di Monte Veri» sono molto simili alle «Argille a palombini di Barberino»; non è quindi necessario dilungarsi nella loro descrizione, per la quale si rimanda alla formazione precedente.

Si è comunque ritenuto opportuno tenere separate, almeno provvisoriamente, le due formazioni, nonostante le analogie litologiche, per la loro età, probabilmente diversa, e per la loro posizione stratigrafica che non sembra omologabile.

Tale distinzione è stata fatta anche nei contigui Fogli 83 «Rapallo» e 72 «Fiorenzuola d'Arda». Ricordiamo che nel Foglio 83 «Rapallo» sono state distinte dalle «Argille a palombini di Monte Veri» le «Argille a palombini del Lago di Giacopiane» (BONI ed altri, 1969).

Ammettendo una serie continua sino ai Calcari di Monte Caio, le due formazioni citate sarebbero separate fra loro dalle Arenarie di Casanova e potrebbero essere unite in un'unica formazione, se questa comprendesse anche le Arenarie di Casanova: tale soluzione è adottata dai rilevatori dell'AGIP Mineraria che nel Foglio 84 «Pontremoli» distinguono soltanto «Argille a palombini» (DALLA CASA e GHELARDONI, 1967).

I caratteri peculiari delle Arenarie di Casanova sembrano peraltro giustificare la loro distinzione come formazione a sè e conseguentemente la separazione, almeno provvisoria, delle «Argille a palombini del Lago di Giacopiane» dalle «Argille a palombini di Monte Veri».

Ritenendole invece appartenenti a due serie diverse, le prime sta-

rebbero alla base delle Arenarie di Casanova e le seconde alla base dei Calcari di Monte Caio: ciò giustificherebbe la loro distinzione. Esiste anche una terza ipotesi e cioè che le «Argille a palombini di Monte Veri» costituiscano da sole un lembo di serie e in tal caso potrebbero corrispondere a quelle del «Lago di Giacopiane». Esse sono peraltro caratterizzate dal fatto che, in base al rinvenimento negli olistoliti del M. Grattara di *Rotalipora appenninica* (RENZ), *Planomalina buxtorfi* (GAND.), *Praeglobotruncana stephani* (GAND.), arrivano per lo meno sino al Turoniano, mentre quelle del «Lago di Giacopiane» non presentano elementi più recenti dell'Aptiano.

Le «Argille a palombini di Barberino» occupano una posizione stratigrafica diversa da quella delle due precedenti, in quanto stanno alla base di una serie (e in questo sembrerebbero corrispondere alle «Argille a palombini del Lago di Giacopiane», di cui hanno anche all'incirca la stessa età), ma sono sormontate dalle Arenarie di Scabiazza, a loro volta sottostanti ai Calcari di Monte Cassio.

Inoltre anche nelle «Argille a palombini di Barberino» non sono stati trovati elementi faunistici più giovani dell'Albiano.

Le posizioni occupate dalle «argille a palombini» «del Lago di Giacopiane», «di Barberino» e «di Monte Veri» nelle varie successioni sono schematizzabili nel modo seguente:

Paleocene . . .	Calcari di M. Cassio	Arenarie	Calcari di M. Antola	Calcari di M. Caio	Paleocene
Turoniano . . .	Arenarie di Scabiazza	di Casanova	Argilliti di Montoggio Formazione di Ronco	«Argille a palombini di M. Veri»	Turoniano?
Albiano? . . .	«Argille a palombini di Barberino»		Argilliti di Montanesi	?	Albiano?
Aptiano? . . .	?	«Argille a palombini del Lago di Giacopiane»	«Argille a palombini del Passo della Bocchetta»		Aptiano?
Hauteriviano?					Hauteriviano?

Da questo schema appare verosimile una corrispondenza, almeno cronostratigrafica, fra le « Argille a palombini di Barberino » e quelle « del Lago di Giacopiane »: data l'appartenenza a serie diverse e la distanza geografica si è preferito, almeno provvisoriamente, tenerle distinte.

Le « Argille a palombini di Monte Veri » nel Foglio « Voghera » affiorano soltanto nella zona di Cerignale al margine meridionale del foglio stesso.

Nel corso del rilevamento si è presentato peraltro il problema del limite fra « Argille a palombini di Barberino » e « Argille a palombini di Monte Veri » in quanto, a prima vista, le une sembrano continuarsi nelle altre nella zona di Ponte Organasco (Val Trebbia): a N di questa località cominciano però ad affiorare ampiamente le Arenarie di Scabiazza. Si è ritenuto pertanto di segnalarlo, dubitativamente, in questa zona.

Anche per le « Argille a palombini di Monte Veri » non è possibile una valutazione della potenza, dato il loro scompaginamento; anche per esse sono verosimili notevoli variazioni di spessore.

8) « Arenarie di Scabiazza »

C⁷⁻⁶ — *Fitte alternanze di arenarie, marne e argille marnose grigio-scure; localmente le arenarie o le marne diventano prevalenti; intercalazioni lentiformi — cartografate nei loro affioramenti maggiori — di argilliti rosso-vinate e verdi (C⁷⁻⁶_{sp}) e di conglomerati poligenici, più o meno grossolani (C⁷⁻⁶_{cr}); nelle argille marnose della parte alta della formazione (C. Sighera, bassa Val Curone), microfauna a Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI; nelle argilliti variegiate (Fosso della Pendezza, alta Val Tidone), a Rotalipora appenninica (RENZ), e Globotruncata sp.; nelle altre marne, a Hedbergella planispira (TAPPAN), H. trocoidea (GAND.), Rotalipora appenninica (RENZ), Schackoia cenomana bicornis REICHEL, S. gandolfii REICHEL, S. moliniensis REICHEL. Turoniano-Cenomaniano.*

Questa formazione, il cui nome fu proposto in maniera informale da LUDWIG nel 1929, presenta la sua area-tipo nell'ambito del I e II qua-

drante del foglio (tavv. Nibbiano e Bobbio). Affioramenti minori si hanno anche nella bassa Val Curone (IV quadrante).

La litofacies delle Arenarie di Scabiazza non è sempre uniforme, ma presenta delle variazioni irregolari riconducibili a fenomeni di eteropia. La facies più diffusa è rappresentata da una fitta successione di strati arenacei, marno-siltosi e argillosi con tinta grigio-cinerea, passante a giallo tabacco per alterazione. Nei letti arenacei più sottili è caratteristica la presenza di lamelle micacee concentrate soprattutto in corrispondenza dei giunti di stratificazione.

Le altre litofacies che caratterizzano la formazione derivano da quella appena descritta per graduale variazione dei rapporti fra componente pelitica, psammitica e psefitica. Ove la prima diventa dominante si hanno argilliti fini, generalmente variegata, che costituiscono delle lenti irregolarmente distribuite nel corpo della formazione o un orizzonte discontinuo alla sommità della medesima.

Per contro, nei casi in cui predomina la componente psefitica, le arenarie passano a brecce o addirittura a veri conglomerati. Anche queste facies grossolane hanno una giacitura lentiforme e risultano concentrate nella porzione basale o alla sommità della formazione. Nel primo caso si tratta essenzialmente di brecce monogeniche ad elementi calcareo-silicei, verosimilmente derivati da Calcarea a Calpionelle ligure e calcari « palombini »; nel secondo caso gli elementi litoidi, sub-arrottondati, provengono da svariate formazioni sedimentarie (Calcarea a Calpionelle ligure, Formazione dei diaspri, calcari liassici, ecc.) o da complessi ignei e metamorfici non meglio identificati (graniti rosei o grigi, dioriti, porfidi, gneiss, micascisti, quarziti, ecc.).

Questi episodi conglomeratici si ricollegano ai noti Conglomerati dei Salti del Diavolo costantemente associati al substrato dei Calcari di Monte Cassio (SAMES, 1963 e 1965; ELTER ed altri, 1966).

Nell'affioramento di C. Sighera (bassa Val Curone) è stato raccolto un ciottolo di calcare marnoso contenente un esemplare di *Protogrammoceras celebratum* (FUC.), che potrebbe derivare dalle serie liassiche dell'Appennino (SACCHI VIALLI, 1958). Nello stesso affioramento ed in

condizioni analoghe è stato rinvenuto anche un esemplare di *Acanthopleuroceras binotatum* OPP. (BONI, 1961).

Per quanto concerne la microfauna delle Arenarie di Scabiazza si rimanda alle forme citate nella didascalia riportata all'inizio del paragrafo.

Esaminando la distribuzione e il significato di tali faune si può osservare che quelle cenomaniane sono diffuse nella parte inferiore e mediana della formazione, mentre quelle turoniane (*Globotruncana lapparenti lapparenti* BOLLI) compaiono solo alla sommità dell'affioramento di C. Sighera.

La potenza complessiva delle Arenarie di Scabiazza, stanti le variazioni di facies dianzi descritte, presenta forti oscillazioni da sezione a sezione. Essa è minima quando abbondano le peliti (120-130 m), mentre aumenta considerevolmente (650-700) nelle zone in cui predominano le facies arenacee e conglomeratiche (area compresa fra il T. Tidone e il T. Tidoncello).

Per quanto riguarda infine il problema dei rapporti con le altre formazioni, si ritiene opportuno ricordare che le Arenarie di Scabiazza giacciono stratigraficamente sulle « Argille a palombini di Barberino », mentre, a tetto, le stesse appaiono legate a due distinte formazioni (isocrone fra loro, almeno per la parte inferiore): i Calcari di Monte Cassio ed i Calcari di Zebedassi.

9) « Argilliti di Montoggio » (?) (alla base dei « Calcari di Monte Antola », nelle valli Avagnone e Trebbia)

C_M^{7-6} — Scisti argillosi con straterelli di calcare tipo palombino; intercalazioni di argilliti varicolori (C_{Me}^{7-6}); rara microfauna a Hedbergellae. Turoniano-Cenomaniano.

Sono stati attribuiti, con qualche riserva, a questa formazione, che tanto sviluppo ha nei Fogli 82 « Genova » e 83 « Rapallo », alcuni limitati affioramenti del Foglio « Voghera » nella zona di Bocco e a E del M. Lesima, in Val Avagnone, e poi, in Val Trebbia a S di Ponte Organasco. La posizione stratigrafica è quella classica alla base dei Calcari di

Monte Antola. Nei maggiori affioramenti si può riconoscere che si tratta di scisti argillosi brunastri o grigi con intercalazioni di straterelli di calcare di tipo palombino (per questo ricordano un po' le « Argille a palombini di Monte Veri »); sono presenti intercalazioni di argilliti varicolori (C_{Me}^{7-6}).

Le microfaune sono rare: localmente sono presenti *Hedbergellae*.

Le microfaune rinvenute nella località-tipo da IBBEKEN (1962) e a Torriglia da REUTTER (1961) portano ad estendere la formazione dal Turoniano al Cenomaniano, mentre poco verosimile è la presenza dell'Albiano.

Data la scarsità e la limitatezza degli affioramenti e le condizioni di giacitura, non è stata possibile una sicura valutazione della potenza della formazione, che peraltro appare piuttosto ridotta.

10) « Calcari di Monte Cassio »

$PC - C_{es}^7$ — Regolari alternanze di strati calcareo-marnosi, calcarenitici e arenacei e di straterelli marno-argillosi; localmente (Bognassi), alla sommità, aumentano la potenza e la frequenza delle marne argillose (« Membro di Selvapiana » della « Formazione dell'Albirola » di ABATE e SAGRI?); frequenza di fucoidi e di elmintoidi; presenza di inocerami e di microfacies a spicole di spugne, Calcisphaerulidae e *Globotruncana lapparenti tricatinata* (QUEREAU), *G. stuarti* (LAPP.). Paleocene?-Turoniano.

Con questa denominazione sono stati distinti e cartografati quegli affioramenti di flysch marnoso-calcareo che giacciono abitualmente alla sommità delle serie ofiolitifere del versante padano e che presentano, a letto, un legame stratigrafico con le Arenarie di Scabiazza.

Dal punto di vista areale i Calcari di Monte Cassio sono concentrati nel settore centro-orientale del foglio (I-II quadrante) ove costituiscono i rilievi di M. Calenzone, M. Lazzaro e M. Aldone. Altri affioramenti, per i quali sussiste qualche riserva circa l'appartenenza alla formazione in parola, sono quelli ubicati sul versante destro dell'alta Valle Staffora

(dintorni di Montemartino e di S. Margherita Staffora). Essi infatti compaiono in una posizione strutturale tale per cui gli AA. li hanno attribuiti ora ai Calcari di Monte Antola (ABBATE e SAGRI, 1967) ora ai Calcari di Monte Caio (REUTTER e SAMES, 1964).

Queste interpretazioni sembrano comunque non tener conto delle litofacies che caratterizzano gli affioramenti suddetti e, più ancora, del fatto che questi ultimi risultano regolarmente legati a quelli delle Arenarie di Scabiazza, che sono ad essi sottostanti.

Riserve opposte a quelle citate possono essere formulate in merito all'affioramento di calcari marnosi che si estende sul versante sinistro dell'alta Valle Staffora ad E di Castellaro. Esso infatti è stato indicato con i simboli dei Calcari di Monte Antola, in quanto sembra connettersi geograficamente alla grande « placca dell'Ebro-Antola ». Tuttavia, in base alla predominanza della componentè marnosa, non si può escludere che lo stesso affioramento possa essere attribuito ai Calcari di Monte Cassio. Questa ipotesi potrebbe, in un certo senso, essere avallata dal fatto che l'affioramento in questione è sormontato dalle Marne di Monte Piano ed è separato dalla « placca » dell'Antola da una locale faglia, che potrebbe rappresentare la continuazione di una più importante visibile a SE.

La formazione dei Calcari di Monte Cassio appare costituita dalla sovrapposizione ritmica di sequenze marnoso-calcaree, abitualmente comportanti un intervallo microcalcarenitico basale e, saltuariamente, uno argillo-siltoso sommitale. Lo spessore dei singoli ritmi è alquanto variabile: in linea di massima si può tuttavia affermare che quelli più potenti (fino a 8 m) predominano alla base della formazione; verso l'alto i ritmi diventano più sottili per la diminuzione degli apporti psammitici.

Il contenuto in CaCO_3 non supera il 75% nelle calcareniti e scende al 65% nelle marne.

Nei potenti intervalli microcalcarenitici, che caratterizzano la porzione basale della formazione, sono particolarmente abbondanti i granuli di glauconite, tanto che la roccia assume una colorazione verdastra. Procedendo verso la porzione mediana della formazione la frequenza di glauconite cala bruscamente sino a scomparire.

Alla base dei singoli ritmi con intervallo arenaceo iniziale sono frequenti impronte fisiche dovute all'azione delle correnti (calchi di docce di erosione e di solchi di trascinamento) o al passaggio di animali limivori (elmintoidi); tracce dell'attività di organismi fossatori sono frequenti anche nel corpo degli intervalli marnosi (fucoidi l.s.).

Negli affioramenti compresi nel Foglio 71 « Voghera » i Calcari di Monte Cassio presentano spessori aggirantisi attorno ai 900 m. Non si può escludere tuttavia che la potenza reale della formazione possa essere maggiore, in quanto, nella quasi totalità dei casi, le serie appaiono troncate verso l'alto.

Nella parte sommitale delle serie esaminate mancano quelle alternanze di strati argillosi e calcarei che, più a E (Val d'Arda e Valle Tresinaro), rappresentano la litofacies transizionale alla sovrastante formazione delle Argille di Viano (PAPANI e ZANZUCCHI, 1969). Indizi in merito alla presenza di tale facies transizionale sono stati notati soltanto al margine nord-occidentale dell'affioramento di M. Calenzone e precisamente nelle zone di Bognassi (Valle Staffora) e di Zavattarello (Val Tidone).

Il contenuto faunistico dei Calcari di Monte Cassio è relativamente abbondante per i microfossili (foraminiferi e spicole di spugne), mentre è estremamente povero per i macrofossili (inocerami). Nelle associazioni abitualmente contenute nelle microcalcareniti sono state segnalate globotruncane [*G. lapparenti tricarinata* (QUEREAU), *G. lapparenti lapparenti* BOLLI, *G. stuarti* (LAPP.)], gumbeline e globigerine di tipo cretacico.

Anche gli esemplari di inocerami (fra i quali *I. crippei* MANT.) segnalati da BONI (1961) e quello di *Pachydiscus?* sp. citato da SACCO (1893) provengono dagli intervalli clastici (rispettivamente « calcare arenaceo » e « arenaria minuta, micacea, ad abbondante cemento calcareo »).

I reperti faunistici di cui sopra attestano l'età cretacea superiore attribuita alla formazione. Per quanto attiene invece alla prospettata estensione del tetto della stessa al Paleocene, non si hanno sinora prove paleontologiche.

11) « Calcari di Monte Antola »

PC - C_A¹ — *Alternanze ritmiche di strati calcareo-marnosi, calcarenitici e arenacei, con più esigui strati marno-argillosi; alla sommità aumentano la potenza e la frequenza delle marne argillose (« Membro di Selvapiana » della « Formazione dell'Albirola » di ABBATE e SAGRI); presenza di fucoidi ed elmintoidi; alla sommità (Costiolo dei Piasi) microfauna a Globorotalia compressa (PLUMM.) e G. cfr. angulata (WHITE); frequenti microfacies a spicole di spugne, Calcisphaerulidae e globotruncane a carattere maastrichtiano: Globotruncana lapparenti tricarinata (QUEREAU), G. lapparenti coronata BOLLI, G. contusa (CUSH.). Paleocene-Turoniano.*

La formazione si presenta in ampio affioramento nel II e III quadrante del foglio, costituendo le dorsali montuose M. Lesima-Cima della Colletta, M. Chiappo-M. Boglelio, M. Ebro-M. Giarolo, separate fra loro dai torrenti Staffora e Curone.

Tale affioramento coincide con l'estremo lembo settentrionale della placca calcareo-marnosa, meglio nota col nome di « placca dell'Ebro-Antola », che si estende verso S, praticamente senza soluzione di continuità, fino al Mar Ligure.

Lo spessore della serie viene valutato attorno ai 1500-1700 m.

Si tratta di sequenze, ritmicamente ripetute, di calcari marnosi, marne calcaree e marne, spesso a base calcarenitica e sfumanti verso l'alto in argilliti fogliettate. Talora, intercalati in queste ultime, si rinvencono strati di arenarie fini, micacee.

I livelli marno-argillosi e argillitici, verso l'alto della serie, aumentano progressivamente di frequenza e di spessore fino a divenire prevalenti sugli altri. E' in funzione di queste variazioni litologiche che la parte sommitale dei Calcari di Monte Antola è stata tenuta distinta da ABBATE e SAGRI (1967) dal resto della serie e inclusa, come membro inferiore (« Membro di Selvapiana », del Paleocene-Maastrichtiano), nella « Formazione dell'Albirola ».

Gli AA. citati, sulla scorta di studi sedimentologici di dettaglio ef-

fettuati in alcune zone-tipo, hanno ritenuto di poter distinguere, anche nell'ambito della « Formazione dell'Antola » (datata al Maastrichtiano) due membri: « Formazione dell'Antola » s.s. e « Membro di Bruggi », quest'ultimo sovrastante la prima.

Per quanto queste suddivisioni possano localmente trovare riscontro in un diverso rapporto fra i litotipi fondamentali e nelle diverse caratteristiche dei ritmi, non si è ritenuto possibile applicarle alla formazione nel suo complesso, dato che dette differenze, riscontrabili anche nel corpo stesso della formazione, non sono certamente localizzate in modo tale da permettere di tracciare limiti sicuri sulla carta (ciò vale in modo particolare per il limite tra la « Formazione dell'Antola » s.s. ed il suo « Membro di Bruggi »).

Chiare appaiono invece le differenze litologiche esistenti fra i Calcari di Monte Antola del Foglio « Voghera » e le sovrastanti Argilliti di Pagliaro (= « Membro di Cabella » della « Formazione dell'Albirola » di ABBATE e SAGRI), che per questo sono state cartografate separatamente dai primi.

Nei Calcari di Monte Antola si rinvencono fucoidi ed elmintoidi (in prevalenza *Helminthoidea labyrinthica* HERR), nonché rari esemplari di inocerami (*Inoceramus* cfr. *balticus* BÖHM). Per quanto attiene alle microfaune è da segnalare la frequenza di spicole di spugne, alle quali sono localmente associati esemplari di *Calcisphaerulidae*, pitonelle, gumbeline, globigerine di tipo cretaceo e globotruncane [*G. lapparenti coronata* BOLLI, *G. lapparenti tricarinata* (QUEREAU), *G. lapparenti lapparenti* BOLLI, *G. stuarti* (DE LAPP.), *G. contusa* (CUSH.), *G. arca* (CUSH.)].

Alla sommità della formazione, in località Costiolo dei Piasi (Val Curone), sono state rinvenute da ABBATE e SAGRI (1967) microfaune paleoceniche a *Globorotalia bulloides* (PLUMM.), *G. compressa* (PLUMM.) e *G. cfr. angulata* (WHITE).

Sulla scorta delle indicazioni fornite dalle faune citate, ai Calcari di Monte Antola — comprendenti, come è stato precisato, il « Membro di Selvapiana » della « Formazione dell'Albirola » di ABBATE e SAGRI — può essere attribuita un'età estesa dal Paleocene al Turoniano.

La formazione, con giacitura abbastanza regolare nel suo insieme, mostra nei particolari ondulazioni più o meno marcate, arricciamenti e locali rovesciamenti degli strati (cfr. a quest'ultimo proposito la zona compresa fra il M. Lesima ed il M. Chiappo e l'alto versante occidentale di Cima della Colletta). Assai caratteristica è anche la ripetizione tettonica esistente fra il M. Lesima e la Costa del Gazzo (a N di Zerba), dove, come meglio verrà precisato nel capitolo della tettonica, è ben evidente una fascia di Argilliti di Montoggio (?), compresa fra due distinti affioramenti di calcari marnosi.

Al bordo occidentale e nord-occidentale della « placca » (zona di Cabella Ligure, Albera Ligure, Cantalupo Ligure, Montacuto) i Calcari di Monte Antola passano regolarmente verso l'alto alle Argilliti di Pagliaro; al margine settentrionale, invece, a partire dal T. Curone fino alla Staffora, essi sono sormontati, direttamente o con locale interposizione di piccoli lembi di Marne di Monte Piano (versante sinistro della Valle Staffora), dalle Arenarie di Ranzano.

Circa le formazioni affioranti a letto, occorre precisare che nell'ambito del foglio solo in alcuni punti (zona a S di Ponte Organasco, a E di M. Lesima e nei pressi di Bocco) i Calcari di Monte Antola si sviluppano al di sopra di terreni le cui caratteristiche litologiche sembrano corrispondere a quelle delle Argilliti di Montoggio, che, nel vicino Foglio 83 « Rapallo », costituiscono il regolare substrato stratigrafico della formazione in parola.

Per le restanti parti (cfr. il margine orientale dell'area d'affioramento) i Calcari di Monte Antola poggiano direttamente sulle Arenarie di Scabiazza: il contatto fra queste due formazioni, a meno di ammettere un'equivalenza tra Argilliti di Montoggio e Arenarie di Scabiazza, sembrerebbe di natura tettonica; in caso contrario si potrebbe anche pensare che l'estremo lembo nord-orientale della placca dell'Ebro-Antola possa essere attribuita ai Calcari di Monte Cassio, che, come si è visto, hanno nelle Arenarie di Scabiazza il loro regolare substrato stratigrafico. In particolare quest'ultima ipotesi potrebbe valere per gli affioramenti ubicati sul versante sinistro della Staffora a E di Castellaro (v. anche pag. 40).

12) « Calcari di Monte Caio »

PC - C_C¹ — *Calcari marnosi prevalentemente scuri, alternati a calcareniti, marne, arenarie e sottili livelli argillosi; localmente verso la base, presenza di microbreccie ofiolitiche; microfacies a spicole di spugne e rare Globotruncanæ. Paleocene?-Turoniano.*

Sono presenti esclusivamente nell'angolo di SE del foglio (dintorni di Brugnato), con modesti affioramenti arealmente connessi con quelli più estesi cartografati nei Fogli 83 « Rapallo » e 72 « Fiorenzuola d'Arda » (*). La litofacies dominante nei Calcari di Monte Caio è, sotto molti aspetti, simile a quella di alcune formazioni fliscioidi coeve (Calcari di Monte Antola, Calcari di Monte Cassio, Calcari di Zebedassi): sequenze ritmiche, variamente potenti, di microcalcareniti, calcari marnosi nerastri e marne argillose. Caratteristiche peculiari sono rappresentate dall'interposizione di microbreccie ad elementi ofiolitici nella parte basale della formazione e di microcalcareniti a laminazione incrociata in quella sommitale. Altro elemento caratteristico dei Calcari di Monte Caio è dato dalla mancanza di sicuri legami stratigrafici con formazioni che potrebbero rappresentarne il letto. Questa condizione è particolarmente significativa e discriminatoria, in quanto le affini e coeve formazioni fliscioidi mostrano, come precisato in altri paragrafi, rapporti stratigrafici o con le Argilliti di Montoggio (Calcari di Monte Antola) o con le Arenarie di Scabiazza (Calcari di Monte Cassio e Calcari di Zebedassi). Nel caso dei Calcari di Monte Caio rapporti diretti con una delle due formazioni citate sono da escludersi, tanto più che anche le rispettive aree d'affioramento risultano sempre geograficamente ben distinte. Esclusa questa possibilità, l'unica ipotesi che si può prospettare circa l'eventuale substrato dei Calcari di Monte Caio è che questo sia rappresentato dalle « Argille a palombini di Monte Veri ».

(*) Si ricorda che nella seconda edizione del vicino Foglio 84 - Pontremoli, gli affioramenti che rappresentano la continuazione di quelli citati sono indicati con i simboli dei « Calcari marnosi di M. Antola », intesi in un senso ben più ampio di quello dei Calcari di Monte Antola trattati in queste note illustrative.

Nelle zone immediatamente a S e a SE (Fogli 83 « Rapallo » e 84 « Pontremoli ») queste accompagnano di regola gli affioramenti dei Calcari di Monte Caio, apparendo al loro tetto geometrico in serie rovesciate. La persistenza di queste condizioni di giacitura, nonché i rapporti fra le età delle due formazioni, costituiscono indizi favorevoli all'ipotesi di un loro originario legame stratigrafico.

Per quanto attiene poi al problema di un eventuale tetto stratigrafico dei Calcari di Monte Caio, si ricorda che in questa zona esso potrebbe essere rappresentato dalla Formazione di Monte Penice (BONI ed altri, 1969).

Gli affioramenti di Calcari di Monte Caio compresi nel Foglio « Voghera » hanno dato le solite microfacies a spicole di spugne e rari esemplari di gumbeline e globotruncane [*G. lapparenti* BROTZEN e *G. stuarti* (LAPP.)].

Data la modesta estensione degli affioramenti e la frammentarietà delle serie in questi rilevabili, gli spessori accertati per la formazione (400-450 m) sono da ritenersi parziali e, in ogni caso, di gran lunga inferiori a quello misurato nella sezione-tipo (M. Caio, alta Val Parma).

Sulla scorta di questa considerazione e in base alle microfaune contenute, ai Calcari di Monte Caio affioranti nel Foglio « Voghera » è possibile attribuire un'età estesa dal Maastrichtiano al Turoniano, mentre dubbia è l'esistenza di un tetto paleocenico.

13) « Calcari di Zebedassi »

PG - C' — *Alternanze di marne argilloso-siltose e argille con straterelli arenacei e calcarei; microfauna a Globigerina triloculoides PLUMM., Globorotalia mckannai (WHITE), G. pseudomenardii BOLLI, G. pseudobulloides (PLUMM.) e radiolari; nella parte inferiore, marne in banchi, alternate a strati di calcare marnoso e di arenaria con Globotruncana lapparenti lapparenti BOLLI. Paleocene-Turoniano.*

Nel Foglio « Voghera » la formazione appare soprattutto fra le Valli Grue, Curone e Staffora, in corrispondenza a due strutture anticlinali

provenienti dal contiguo Foglio « Alessandria »; nella più settentrionale affiora localmente al nucleo anche il substrato costituito da Arenarie di Scabiazza e da « Argille a palombini di Barberino »; un altro notevole affioramento si ha nella zona di Borgoratto Mormorolo.

Data la natura argilloso-marnosa dei terreni, sono rari gli affioramenti in cui si possa vedere la successione degli strati; alla formazione corrispondono per lo più superfici di terreno più o meno argilloso con frammenti di calcari e di arenarie; solo localmente è possibile vedere qualche breve successione di strati.

Come nel Foglio « Alessandria », è stato comunque possibile riconoscere, nella porzione superiore, alternanze di marne argilloso-siltose e di argille con straterelli arenacei, calcarei e, in quelle inferiori, marne in strati meglio definiti e più potenti alternanti con strati per lo più sottili di calcare marnoso e di arenarie.

La microfauna della porzione superiore a *Globigerina triloculoides* PLUMM., *Globorotalia mckannai* (WHITE), *Globorotalia imitata* SUBB., *Globorotalia pseudomenardii* BOLLI, *G. pseudobulloides* (PLUMM.) ne attesta l'età paleocenica, mentre la presenza, nella parte inferiore, di esemplari di *Globotruncana lapparenti lapparenti* BOLLI non rimaneggiati parla in favore di un'età turoniana di questa porzione.

Come si è già detto, il letto della formazione è costituito dalle Arenarie di Scabiazza estese dal Cenomaniano al Turoniano; al tetto stanno le Marne di Monte Piano, sull'età delle quali ci soffermeremo più avanti.

Le condizioni di giacitura non sono tali da permettere una sicura valutazione della potenza della formazione; una stima grossolana può farsi in qualche centinaio di metri.

14) « Argilliti di Pagliaro » (= « Membro di Cabella » della « Formazione dell'Albirola » di ABBATE e SAGRI)

E² - PC — *Alternanze di strati calcarei, calcareo-marnosi, arenacei e banchi argillosi di colore nerastro; questi ultimi diventano più potenti nella parte superiore; microfauna a Globorotalia pseudobulloides*

(PLUMM.), *Globigerina trilocalinoides* PLUMM.; *nella parte inferiore sono presenti globotruncane e gümbeline. Eocene medio?-Paleocene.*

La formazione si sviluppa a tetto dei Calcari di Monte Antola in una fascia — a continuazione di quella presente nel Foglio 83 « Rapallo » — che dal margine meridionale del foglio (fra Roccaforte Ligure e Cabella Ligure) si dirige verso N, raggiungendo Restegassi, dove piega verso E, nella qual direzione prosegue, restringendosi, sino alla Val Curone.

Si tratta di un'alternanza di strati calcarei, calcareo-marnosi, arenacei ed argillosi; lo spessore di questi ultimi aumenta progressivamente verso l'alto della formazione, dove si sviluppano banchi potenti, cui si intercalano straterelli calcarei o arenacei. Il colore delle argille è scuro, nerastro, quello dei calcari e delle arenarie più chiaro.

Le Argilliti di Pagliaro seguono in successione stratigrafica ai Calcari di Monte Antola; a tetto esse sono sormontate o dai Conglomerati di Savignone, o dalle Arenarie di Ranzano, o dalle Marne di Vigoponzo.

Lo spessore della formazione è rilevante, raggiungendo i 700 m nella fascia a direzione S-N; si riduce verso E, portandosi in Val Curone a 100 m.

Le Argilliti di Pagliaro erano in passato incluse nello « alberese » dell'Antola; nell'ambito di questo il VAN DER HEIDE (1942) le indicava come « serie di Pagliaro »; del resto anche recentemente IBBEKEN (1965) parla di « alberese di Monte Antola - tipo Pagliaro »; in seguito fu separata dai Calcari dell'Antola la Formazione dell'Albirola: questa fu meglio definita nel 1967 da ABBATE e SAGRI, che la suddivisero in un « Membro di Selvapiana » inferiore, ed un « Membro di Cabella », superiore; le Argilliti di Pagliaro corrispondono a quest'ultimo.

Per le ragioni già esposte i rilevatori del foglio ritennero preferibile cartografare il « Membro di Selvapiana » della « Formazione dell'Albirola » di ABBATE e SAGRI assieme ai Calcari dell'Antola, dai quali si distingue con difficoltà, ed elevare al rango di formazione il « Membro di Cabella », che risulta invece ben identificabile sul terreno.

Alla base della formazione sono state rinvenute microfaune di età cretacea superiore, da ritenersi rimaneggiate, in quanto già nel « Membro di Selvapiana » della « Formazione dell'Albirola » di ABBATE e SAGRI

(= parte superiore dei Calcari di Monte Antola secondo i rilevatori del Foglio « Voghera ») sono state rinvenute microfaune paleoceniche.

Più in alto nella serie sono state trovate microfaune a *Globorotalia pseudobulloides* (PLUMM.) e *Globigerina trilocalinoides* PLUMM., attestanti il Paleocene.

Le Argilliti di Pagliaro sono sormontate dalle Marne di Vigoponzo: la natura di questa sovrapposizione — se in continuità stratigrafica o previa discordanza — è diversamente interpretata: da ciò deriva anche la diversa estensione verso l'alto della formazione, da alcuni AA. limitata al Paleocene, da altri portata sino all'Eocene inferiore-medio.

15) « Formazione di Monte Penice »

E²-PC_c; E²-PC_a — *Banchi e strati calcareo-marnosi chiari, marne biancastre e, talora, biocalcareniti; rare intercalazioni di « calcare e argilla »; localmente (Cadelmonte, Bosco del Comune) sono presenti livelli argillosi varicolori; nelle marne e nei calcari della parte alta, microfauna a Globorotalia aragonensis NUTT., G. centralis CUSH. e BERM.; in quelli basali: globorotalie di tipo paleocenico; nelle biocalcareniti nummuliti, alveoline, discocicline, ecc.: membro dell'« alberese » del Penice (E²-PC_c); alternanze di strati prevalentemente marnoso-calcarei, compatti a grana fine e argilliti bruno-nerastre, marne argillose e biocalcareniti; nelle marne, rare microfaune a Globorotalia aragonensis NUTT., Globigerina yeguaensis WEINZ e APPL., G. linaperta FINLAY; nelle biocalcareniti, associazioni a nummuliti, alveoline, discocicline, e, nel cemento, globorotalie di tipo eocenico: membro del « calcare e argilla » di S. Maria (E²-PC_a). Eocene medio-Paleocene.*

La Formazione di Monte Penice (BELLINZONA e altri, 1968), nell'ambito del Foglio 72 « Voghera », affiora esclusivamente nelle valli Trebbia e Aveto (II quadrante), dove contorna, quasi senza soluzione di continuità, le sottostanti serie oligo-mioceniche e mioceniche affioranti in « finestra » (Complesso di Coli, Formazione di Bobbio, Formazione del-

l'Aveto, Complesso di Sanguinetto). Essa si estende verso S, lungo la Val d'Aveto, nel contiguo Foglio « Rapallo » e, verso E, nell'area del Foglio « Fiorenzuola d'Arda ».

Si tratta di un'unità litostratigrafica, in facies di flysch, che, per la presenza di una ricca componente argillosa nella sola parte inferiore, è stata suddivisa in due membri: « alberese » del Penice e « calcare e argilla » di S. Maria, sottostante al primo; il passaggio fra i due è contrassegnato da fenomeni di eteropia, che giustificano la persistenza di lenti e intercalazioni calcareo-argillose nella porzione basale del membro superiore (« alberese » del Penice).

Nell'area-tipo (M. Penice), dove la formazione assume il massimo sviluppo e la maggior potenza (intorno agli 800 m), è possibile definire nel dettaglio le sue caratteristiche litologiche.

Il *Membro dell'« alberese » del Penice* è costituito, in prevalenza, da sequenze torbiditiche marnoso-calcaree e marnose, che, quando complete, comportano un intervallo clastico basale, corrispondente a calcareniti o calciruditi, anche molto grossolane, e un intervallo sommitale di natura prevalentemente argillosa. Queste caratteristiche litologiche dell'« alberese » del Penice si mantengono abbastanza uniformi per tutto lo sviluppo della serie; solo eccezionalmente (zona di Cadelmonte e versante settentrionale di Bosco del Comune, rispettivamente a NW e SE di M. Penice) compaiono orizzonti costituiti da siltiti e marne rossastre con intercalazioni arenacee.

A parte questi sporadici episodi particolari, anche la composizione petrografica dei singoli strati è abbastanza regolare: essi comportano una discreta percentuale di materiale terrigeno alla base dei singoli ritmi; nella porzione intermedia risultano invece pressochè integralmente costituiti da materiale organogeno (microforaminiferi planctonici e nannofossili calcarei; negli intervalli superiori delle sequenze complete, ricompare, infine, una componente inorganica verosimilmente terrigena (minerali argillosi del gruppo del caolino).

Il *Membro del « calcare e argilla » di S. Maria* è costituito da alternanze, più o meno regolari, di calcari marnosi scuri, compatti, spesso detritici, e di argille nerastre, scagliettate, marne argillose e, localmente, bio-

calcareniti. Solo raramente il membro in parola conserva una stratificazione regolare, essendo il più delle volte gli strati intensamente contorti e stirati; assai frequentemente quelli più rigidi (calcari e biocalcareni), a seguito delle sollecitazioni tettoniche cui sono stati sottoposti, risultano smembrati e suddivisi in blocchi più o meno grandi, attorno ai quali è rifluita l'argilla degli interstrati plastici, dando origine a fenomeni di tipo « boudinage ».

Le differenze litologiche esistenti fra i due membri si ripercuotono direttamente anche sulla morfologia delle aree di affioramento della Formazione di Monte Penice: rilievi accentuati a fianchi scoscesi quelli modellati nell'« alberese » del Penice, blandi e generalmente coltivati quelli modellati nel « Calcare e argilla » di S. Maria, assai più ricco, come si è detto, di intercalazioni argillose.

L'età della formazione è stata desunta dalle abbondanti microfaune in essa contenute. Va tuttavia precisato che, mentre il membro inferiore (« Calcare e argilla » di S. Maria) contiene microfossili solo negli interstrati calcarenitici e, meno diffusamente, in quelli calcarei, quello superiore (« alberese » del Penice) è fossilifero in ogni sua parte. Fra i fossili comuni ai due membri sono da segnalare i macroforaminiferi concentrati dalle correnti di torbida negli intervalli psammitici (brecciole nummulitiche). Tra essi sono stati riconosciuti: nummuliti [*Nummulites globulus* (LEYM.)], alveoline, discocicline (*Discocyclina scalaris* SCHLUMB.), assiline [*Assilina granulosa* (D'ARCH.)] e alghe corallinacee.

Abbondantissimi sono i microforaminiferi planctonici ed i nannofossili calcarei presenti nei termini pelitici dell'« alberese » del Penice. In particolare è stata accertata la presenza di:

a) nella parte superiore:

- *Catapsydrax dissimilis* (CUSH. e BERM.)
- *Globigerina linaperta* FINLAY
- *Globigerina venezuelana* HEDB.
- *Globorotalia aragonensis* NUTT.
- *Globorotalia crassula* CUSH. e BERM.
- *Truncorotaloides robri* BRONN. e BERM.

b) nella parte intermedia:

- *Catapsydrax dissimilis* (CUSH. e BERM.)
- *Globigerina eocaena* GÜMBEL
- *Globorotalia angulata* (WHITE)
- *Globorotalia aragonensis twisselmanni* MALL.

c) in quella inferiore:

- *Globigerina triloculinoides* PLUMM.
- *Globorotalia pseudomenardii* BOLLI
- *Globorotalia* cfr. *occlusa* LOEBLICH e TAPPAN
- *Globorotalia pseudobulloides* (PLUMMER).

Le associazioni citate, a meno di rimaneggiamenti globali, starebbero ad indicare un'età compresa fra l'Eocene medio e tutto il Paleocene.

Circa i rapporti con le formazioni a contatto, si precisa che la Formazione di Monte Penice, come già si è accennato, si sviluppa al di sopra delle serie oligo-mioceniche affioranti in « finestra » lungo le Valli Aveto e Trebbia e risulta a sua volta sormontata dalle serie cretacee ofiolitifere.

Nella maggior parte dei casi i contatti sono sicuramente tettonici; meno chiare sono le relazioni della formazione con il Complesso di Sanguinetto (di età miocenica prelanghiana-oligocenica) e con i Calcari di Monte Caio (del Paleocene?-Turoniano), perchè i contatti sono male esposti; tuttavia, da un punto di vista paleogeografico-strutturale, esistono premesse per pensare ad un originario legame stratigrafico (cfr. BONI ed altri, 1969).

16) « Formazione di Val Luretta » (= « Calcare di Pietra dei Giorgi » del Foglio « Pavia »)

E²-PC_L — *Alternanze ritmiche calcareo-marnoso-arenacee, più sottili verso l'alto; alla sommità prevalgono le marne e le arenarie con qualche interstrato argilloso varicolore; nella porzione inferiore sono caratteristiche alcune bancate costituite da marne rosate con letto calcarenitico; nella parte superiore microfauna a Globorotalia arago-*

nensis NUTT., *G. crassata* (CUSH.), (nelle marne), *nummuliti*, *alveoline*, *discocicline*, *Fabiania* sp., *Cuvillierina* sp. (nelle calcareniti); nella parte inferiore microfauna a *Globorotalia velascoensis* (CUSH.), *G. mckannai* (WHITE) (nelle marne), *alveoline*, *discocicline*, *Distichoplax* sp. (nelle calcareniti). *Eocene medio-Paleocene*.

Presente nel solo settore nord-orientale del foglio (I quadrante), questa formazione affiora su una vastissima area che si estende, senza soluzione di continuità, dalle valli Ghiaia di Montalto e Scuropasso a quella del Chiarone. Lo stesso affioramento si continua poi verso NW nel Foglio 59 « Pavia » e verso SE nel Foglio 72 « Fiorenzuola d'Arda », dove si ha la località-tipo (DE ROSA, GELATI e MUTTI, 1966).

In corrispondenza di questa e, per una certa estensione, anche nelle aree più ad oriente, la Formazione di Val Luretta è suddivisibile in due membri: il Membro di Monteventano (superiore) e il Membro di Poviago (cfr. Foglio 72 « Fiorenzuola d'Arda »). Viceversa negli affioramenti del Foglio « Voghera » la bipartizione della formazione non è stata mantenuta in quanto l'individuabilità dei due membri si affievolisce gradualmente sino a venire meno a partire dalla Val Versa verso NW.

Dal punto di vista della litofacies la Formazione di Val Luretta rientra nel gruppo delle formazioni fliscioidi terziarie caratterizzate da una componente calcarea più abbondante che in quelle cretache.

Negli spaccati naturali e nei numerosi fronti di cave che interessano la formazione in oggetto, le sequenze litologiche mostrano sensibili variazioni, sia per quanto riguarda lo spessore che per quanto concerne l'ordine di successione dei vari intervalli.

Nella porzione inferiore della formazione — grosso modo corrispondente al Membro di Poviago di DE ROSA e MUTTI — predominano sottili sequenze arenaceo-marnoso-argillose, nerastre, mentre quelle calcarenitico-marnose sono del tutto subordinate. Per quanto rade, quest'ultime sono decisamente più potenti e comportano una caratteristica colorazione rosata nell'intervallo marnoso, che, da solo, può raggiungere i 5 m di spessore (zone di Nibbiano, Stadera, Volpara).

Nella porzione intermedia (corrispondente a parte del Membro di

Poviago e a parte del Membro di Monteventano indistinti) la formazione è rappresentata da sequenze torbiditiche comportanti intervalli calcarenitici anche grossolani (le classiche brecciole nummulitiche), calcareo-marnosi ed argillosi. Questi ultimi sono generalmente sottili (pochi centimetri) e sembrano rappresentare il prodotto della normale sedimentazione pelitica. Viceversa quelli calcareo-marnosi compaiono costantemente e raggiungono spessori ragguardevoli (fino a 2 m); essi hanno generalmente tinta biancastra e contengono un elevato tenore in CaCO_3 (fino all'85%); per questa ragione sono frequentemente utilizzati per la fabbricazione di calce idraulica e di cemento artificiale.

Verso il tetto della formazione (Membro di Monteventano p.p.), gli intervalli calcareo-marnosi si assottigliano considerevolmente e le sequenze ritornano ad essere costituite da arenarie fini (spesso microcalcarenitiche con laminazione evidente), calcari debolmente silicei e argille siltose. Alla base dei letti arenacei sono frequenti impronte di corrente (docce di erosione e solcature); all'interno degli stessi letti e di quelli calcarei abbondano poi le tracce di organismi limivori.

Lo spessore globale della formazione è massimo (1200 m ca.) in quelle zone in cui sono maggiormente sviluppate le sequenze calcarenitiche e calcareo-marnose (media Val Tidone ed alta Valle Versa).

Nelle sezioni più complete la Formazione di Val Luretta è sormontata, in concordanza stratigrafica, dalle Marne di Monte Piano. Al contrario essa non mostra mai legami stratigrafici con altre formazioni a letto. Il suo substrato dovrebbe infatti essere rappresentato dai Calcari di Monte Caio (= Calcari di Bettola, di BRAGA, 1965), che qui non affiorano.

A proposito del contenuto faunistico occorre precisare che la formazione contiene una ricchissima microfauna, ma non ha mai dato alcun macrofossile significativo, ad esclusione delle impronte biologiche di animali fossatori (fucoidi) e dei frustoli di vegetali.

I microforaminiferi, presenti in quasi tutti i tipi di roccia che caratterizzano la formazione, sono estremamente abbondanti in alcuni di essi (calcareniti, calcari marnosi, marne calcaree), tanto da rappresentare da soli la quasi totalità del sedimento.

In relazione poi alle modalità di sedimentazione (correnti di torbida in un bacino a sedimentazione pelitica) le associazioni microfaunistiche comprendono forme selezionate in base alle dimensioni dei gusci: così nelle calcareniti prevalgono i macroforaminiferi bentonici e i frammenti di corallinacee, mentre nei calcari marnosi, nelle marne calcaree e nelle argille marnose abbondano i microforaminiferi planctonici.

Nei calcari marnosi e nelle marne calcaree sono frequenti i nanofossili calcarei.

Nell'ambito delle associazioni suddette ed in particolare in quelle legate alle calcareniti molte forme risultano rimaneggiate.

Il rimaneggiamento è in alcuni casi soltanto spaziale (trasferimento di macroforaminiferi da un ambiente neritico ad uno batiale), mentre in altri appare chiaramente cronologico (stratigrafico), comportando la ripresa di fossili da sedimenti più antichi (come avviene nel caso degli esemplari di globotruncane associate alle globorotalie terziarie).

Prescindendo dalle forme più antiche rimaneggiate, le associazioni indicative per la cronostratigrafia della formazione comprendono le seguenti specie:

a) nella parte superiore e media:

- *Globorotalia aragonensis* NUTT.
- *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM.
- *Globorotalia crassata* (CUSH.)
- *Globigerina linaperta* FINLAY
- *Alveolina* cfr. *elongata* D'ORB.
- *Nummulites aturicus* JOLY e LEYM.
- *Discocyclina scalaris* (SCHLUMB.)
- *Cuvillierina* sp.
- *Fabiania* sp.
- *Actinocyclina* sp.

b) nella parte inferiore:

- *Globorotalia velascoensis* (CUSH.)
- *Globorotalia mckannai* (WHITE)

- *Globorotalia uncinata* BOLLI
- *Globorotalia angulata* (WHITE)
- *Globigerina soldadoensis* BRONN.
- *Discocyclina* sp.
- *Distichoplax biserialis* (DIETRICH).

Sulla base delle indicazioni desumibili da dette associazioni l'età della Formazione di Val Luretta dovrebbe estendersi dall'Eocene medio (zona a *Globorotalia centralis* e *G. aragonensis*; zona a *Nummulites aturicus* e *Fabiania*) fin quasi al Paleocene basale (zona a *Globorotalia angulata* e *G. uncinata*).

17) « Marne di Vigoponzo »

E³ — *Alternanze flyscioidi di argille marnose nerastre con straterelli calcarei e arenacei; presenza di septarie, microfauna a Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM., *Hantkenina* sp. *Eocene superiore*.

Come Marne di Vigoponzo (MERLA ed altri, 1964) sono state indicate le alternanze flyscioidi di argille marnose nerastre e di straterelli calcarei e arenacei che da Costa Merlassino fino a Fontanelle sono presenti fra le Argilliti di Pagliaro a letto e le Arenarie di Ranzano a tetto.

Corrispondono, almeno in parte, al « Pagliaro-Olisthostrom » di IBBEKEN (1968), continuandosi però a NE sino alla zona di Fontanelle, dove si ritrovano le stesse microfaune e dove, viceversa, il suddetto A. segna « Pagliaro-Serie ».

Questa formazione ha la stessa posizione delle Marne di Monte Piano (almeno nella loro parte superiore), se ne differenzia però per la facies.

Le Marne di Vigoponzo sormontano le Argilliti di Pagliaro. La natura del contatto è di dubbia interpretazione: se per continuità stratigrafica o per discordanza.

Secondo BEATRIZOTTI, BONI e VANOSI (1964) esiste continuità litologica e pertanto anche stratigrafica fra le « Argilliti di Pagliaro » con microfaune paleoceniche e queste « Marne di Vigoponzo » con faune del

l'Eocene superiore. Essa sarebbe sottolineata dal carattere flyscioide delle due formazioni.

Recentemente IBBEKEN (1968) ha sostenuto invece l'esistenza della discordanza, corrispondente all'Eocene inferiore e medio, affermando trattarsi per la serie in esame di un olistostroma (il suo « Pagliaro-Olisthostrom »), nel quale grossi olistoliti della « Pagliaro-Serie » dell'« Antola-Alberese » (le nostre « Argilliti di Pagliaro ») sono inclusi in una matrice argillosa con cristalletti di gesso, con faune dell'Eocene superiore.

Faune eoceniche superiori sono state rinvenute dai rilevatori del Foglio 71 « Voghera » anche alla Chiesetta a S di Vigoponzo, in uno spaccato dove è ben evidente la serie flyscioide; queste faune provengono quindi da quegli affioramenti che, secondo l'interpretazione di IBBEKEN, dovrebbero costituire un grosso olistolite di età paleocenica.

In diverse località (Strappasese; sotto Merlassino; sotto Vigoponzo) sono state rinvenute microfaune con *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM., *Hantkenina* sp. ed altre forme che fanno attribuire la formazione all'Eocene superiore.

Sotto Costa Merlassino sono state trovate septarie.

A tetto delle Marne di Vigoponzo si sviluppano le Arenarie di Ranzano. Lo spessore della formazione è modesto (poche decine di metri) e sembra ridursi da SW a NE.

18) « Marne di Monte Piano »

E³⁻¹ — *Argille varicolori, con rari straterelli calcareo-organogeni a foraminiferi e septarie alla base (« Argille di Rio Buzzà » del Foglio « Pavia » = « banchi rossi »), marne e marne argillose grigie; microfauna a Eponides trümpyi* NUTT., *Cibicides venezuelanus* NUTT., *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM., *G. crassula* CUSH. e STEW. e, in alcuni campioni, *G. aragonensis* NUTT.; nelle marne di Rio Repegoso *G. aragonensis* NUTT., *G. crassata* (CUSH.), *G. wilcoxensis* CUSH. e PONT. *Eocene sup. - Eocene inf.?*

Le Marne di Monte Piano sono abbastanza frequenti entro l'area del

Foglio 71 « Voghera » a letto delle Arenarie di Ranzano (costituiscono il cosiddetto « Infratongriano »).

Nella porzione inferiore si hanno frequentemente argille varicolori (le « Argille di Rio Buzzà » del Foglio « Pavia ») per lo più indicate come « banchi rossi » per il prevalere di questo colore (esistono però anche « banchi rossi » con diversa posizione stratigrafica).

Alle argille si intercalano qua e là straterelli calcareo-organogeni a foraminiferi.

In molte località [vedi BEATRIZOTTI ed altri (1964)], sono presenti septarie le cui condizioni genetiche sono state studiate da VANOSI (1964).

Seguono verso l'alto marne e marne argillose grigie, piuttosto omogenee, compatte.

Le Marne di Monte Piano sono per lo più ricche di microfauna: tra le forme più frequenti citiamo *Eponides trümpyi* NUTT., *Cibicides venezuelanus* NUTT., *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM., *G. crassula* CUSH. e STEW.; tutte queste forme attestano l'età eocenica superiore delle marne che le contengono.

In alcune località è stata rinvenuta anche la *Globorotalia aragonensis* NUTT. che sembra accennare all'Eocene medio.

A letto della formazione in esame stanno o i Calcarei di Zebedassi (porzione occidentale) o la Formazione di Val Luretta.

Quest'ultima, come si è visto, arriva sino all'Eocene medio; il passaggio alle Marne di Monte Piano deve quindi essere avvenuto in continuità di sedimentazione e con lacuna stratigrafica molto piccola.

Le faune rinvenute nei Calcarei di Zebedassi attestano la loro sicura estensione verso l'alto sino al Paleocene.

Bisogna però ricordare che lungo il Rio Repregoso (al margine occidentale del foglio - vedi anche Note illustrative dei Fogli « Asti » - « Alessandria ») sono state rinvenute da ASCOLI (1956) e poi ritrovate dai rilevatori dei Fogli « Alessandria » e « Voghera », entro marne simili alle Marne di Monte Piano, microfaune a *Globorotalia crassata* (CUSH.) e *G. wilcoxensis* CUSH. e PONT. che sembrano attestare la presenza del-

l'Eocene inferiore. La stessa microfauna è citata da LABESSE e MAGNÉ (1967) nella zona di Pallenzona sulla sponda sinistra del T. Curone.

Non è tuttavia possibile dire con sicurezza se le marne di Rio Repregoso siano da assegnare alla base delle Marne di Monte Piano o alla sommità dei Calcarei di Zebedassi: la natura litologica fa propendere per la prima soluzione che è stata qui adottata estendendo, sebbene dubitativamente, le Marne di Monte Piano dall'Eocene inferiore all'Eocene superiore.

E' comunque significativo che anche tra Marne di Monte Piano e Calcarei di Zebedassi, come fra Marne di Monte Piano e Formazione di Val Luretta la serie è continua o contrassegnata solo da piccolissima discordanza.

Lo spessore della formazione, che non è sempre individuabile, varia da una località all'altra: non supera comunque, in generale, i 100 m.

19) « Complesso indifferenziato »

i — *Complesso calcareo-argilloso-arenaceo, sottostante alle « Arenarie di Ranzano », nel quale, anche per le modalità di affioramento, non è possibile riconoscere serie stratigrafiche definite; per lo più esso corrisponde ad affioramenti dei « Calcarei di Zebedassi » e delle sovrastanti « Marne di Monte Piano »; non si può peraltro escludere che qua e là siano presenti anche terreni più antichi.*

Come Complesso indifferenziato sono state cartografate aree più o meno vaste, nelle quali le modalità di affioramento non permettono di riconoscere con sicurezza l'esistenza di uno o più terreni di una medesima o di diverse serie stratigrafiche. In generale non sono presenti chiare caratteristiche di caoticità; quando queste esistono le aree corrispondenti sono state cartografate come Complesso caotico; esistono comunque termini di passaggio e non si può escludere che zone indicate come « indifferenziato » avrebbero dovuto essere indicate come « caotico » e viceversa.

Le aree sono generalmente a morfologia blanda, coltivate a campo; sono prive di spaccati naturali e, anche quelli artificiali, non profondi, rivelano soltanto una mescolanza di materiale argilloso con altro calcareo o arenaceo.

Il complesso indifferenziato sembra interessare formazioni precedenti alle Arenarie di Ranzano.

Per lo più si tratta di modalità particolari di affioramento dei Calcari di Zebedassi, e bisogna dire che in questo senso è relativo il limite tracciato in alcune località fra le due formazioni e che alcuni affioramenti indicati con Calcari di Zebedassi avrebbero potuto essere contrassegnati come « indifferenziato » o viceversa; ai Calcari di Zebedassi si associano nella genesi del Complesso indifferenziato formazioni sovrastanti, come le Marne di Monte Piano, o sottostanti, come le Arenarie di Scabiazza: in quest'ultimo caso è più comune l'aspetto caotico e più esatta quindi l'indicazione come Complesso caotico.

20) « Arenarie di Ranzano »

O³ - E³ — *Conglomerati (O³ - E³_{cg}), arenarie e sabbie più o meno cementate (O³ - E³_s), marne sabbiose (O³ - E³_a) e loro alternanze (O³ - E³), in rapporti verticali e laterali vari; localmente (Costa Merlassino) banchi di calcari organogeni ricchi di fossili; nella parte superiore, microfauna a *Cibicides cushmani* NUTT., *Globigerina ampliapertura* BOLLI; in livelli microconglomeratici: *Nummulites intermedius* (D'ARCH.), *N. vascus* JOLY e LEYM., *N. incrassatus* DE LA HARPE, e *operculine*; verso la base, localmente, *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM. *Oligocene sup.* - *Eocene sup.**

La formazione in oggetto occupa aree abbastanza vaste del Foglio 71 « Voghera » nella sua porzione occidentale; si ritrova in lembi isolati nell'angolo nord-orientale.

Molto varia è la facies che localmente assume questa formazione, in relazione coll'ambiente locale di sedimentazione stabilitosi; si va dai conglomerati più o meno grossolani alle sabbie più o meno cementate, alle arenarie (per es. « Ortao-Sandstein » di VAN DER HEIDE, 1941; « Molasse di Dernice » di MERLA ed altri, 1964; « Vigoponzo-Sandstein » di IBBEKEN, 1968) alle marne sabbiose, alle minute alternanze di questi termini litologici (ad es. « Wechselserie » di IBBEKEN, 1968).

Localmente (Costa Merlassino) sono presenti banchi di calcari organogeni ricchi di fossili. Le Arenarie di Ranzano stanno a tetto, in continuità stratigrafica, delle Marne di Monte Piano; localmente riposano sulle Marne di Vigoponzo, altrove esse si sviluppano direttamente al di sopra di formazioni più antiche (Argilliti di Pagliaro, Calcari di M. Antola, Formazione di Val Luretta, Arenarie di Scabiazza) e dell'indifferenziato.

A tetto sono sormontate, nella zona di Garbagna, dalla Formazione di Monastero, in quella di Fabbrica Curone dalle Marne di Rigoroso, altrove dalle Marne di Antognola.

Nell'angolo sud-occidentale del foglio esse sono sostituite dai Conglomerati di Savignone, formazione essenzialmente conglomeratica, che si sviluppa anche nei contigui Fogli « Alessandria », « Genova » e « Rappallo » e si trova nel Foglio « Chiavari » al promontorio di Portofino.

Dai rilevatori del Foglio 71 « Voghera » le due formazioni sono state ritenute all'incirca eteropiche, in quanto le Arenarie di Ranzano poggiano sulle Marne di Monte Piano, di età eocenica superiore, ed alla base dei Conglomerati di Savignone in Val Vobbia sono state rinvenute marne verdine analoghe alle Marne di Monte Piano: le microfaune in esse contenute hanno però già carattere oligocenico.

IBBEKEN (1968) pone invece il « Borbera-Konglomerat » (corrispondente ai Conglomerati di Savignone) nell'Oligocene medio e quindi al di sopra di una parte almeno delle Arenarie di Ranzano.

Nella parte superiore di quest'ultima formazione sono presenti *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Stilostomella nuttalli* (CUSH. e JARV.); in quella inferiore si trovano *Cibicides cushmani* NUTT., *C. perucidus* NUTT., *Globigerina ampliapertura* BOLLI; alla base, nella zona di Dernice, si rinvengono *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM., *G. crassula* CUSH. e STEW.

La formazione si estende quindi dall'Oligocene sup. all'Eocene sup.

La potenza è molto variabile, in relazione colla natura litologica dei sedimenti; è comunque spesso elevata, dell'ordine di diverse centinaia di metri.

21) « Conglomerati di Savignone » (nel bacino terziario del Piemonte)

O_{cg} — *Conglomerati in grossi banchi mal definiti, con elementi eterometrici di calcare, pietre verdi, ecc.; localmente, nella zona di Rocchetta Ligure, essi includono masse ingenti di spiliti brecciate (β), calcari dolomitici e brecce calcaree (O_{ol}), sporadiche lenti arenacee ed intercalazioni marnose (O_m); in queste ultime, microfauna a Globigerinita dissimilis (CUSH. e BERM.), Bolivina semistriata HANTK. e forme del gruppo della Bolivina vaceki SCHUB. Oligocene.*

Questa formazione è presente soltanto nell'angolo sud-ovest del Foglio 71 « Voghera », donde passa nei Fogli « Alessandria », « Genova » e « Rapallo ». Essa rimane nell'ambito del Bacino terziario del Piemonte, dove peraltro già si sviluppano anche le Arenarie di Ranzano.

La formazione è attraversata, secondo l'immersione, dal T. Spinti e soprattutto dal T. Borbera, che così mette a nudo una bellissima serie, creando nel contempo magnifiche forme di erosione.

Se tra i costituenti di questi conglomerati prevalgono i calcari (ricordiamo che la formazione sormonta le Argilliti di Pagliaro e i Calcari di Monte Antola) non mancano però, specialmente verso l'alto, livelli costituiti in prevalenza da elementi di pietre verdi di varia natura corrispondenti a quelli che affiorano più a SW nel Foglio « Genova ».

Da notare è poi la presenza nella zona di Roccaforte Ligure (per errore nella legenda del foglio è stato scritto Rocchetta Ligure) di brecce calcaree e calcareo-dolomitiche corrispondenti ai tipi litologici che si rinvengono nella zona Sestri-Voltaggio, presente più a SW, e di masse anche ingenti di spiliti intensamente brecciate; i rapporti con la formazione in questione sono molto confusi; è verosimile la natura olistostromica di queste masse.

Quanto alla loro provenienza PASSERINI (1962) parla di una loro derivazione dai quadranti occidentali.

Nella zona di Lemmi ai conglomerati s'intercalano delle marne grigio-verdi, dalle quali sono state isolate microfaune a *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Bolivina semistriata* HANTK. e forme del gruppo della

Bolivina vaceki SCHUB., attestanti un'età presumibilmente oligocenica inferiore.

Lo spessore della formazione, massimo fra Rocchetta Ligure e Sasso, dove supera i 1500 m, si riduce rapidamente verso SW e verso N, dove i « Conglomerati di Savignone » passano alle Arenarie di Ranzano nelle quali perdono il loro significato formazionale per assumere quello di facies, sviluppate in forme di lenti e di lingue entro la formazione già descritta.

I Conglomerati di Savignone poggiano nell'ambito del Foglio « Voghera » sulle Argilliti di Pagliaro o direttamente sui Calcari di Monte Antola. Essi sono sormontati, in tutto il loro sviluppo, dalla Formazione di Monastero.

22) « Formazione di Monastero » (nel bacino terziario del Piemonte)

O³ — *Alternanze di argille marnose, arenarie in strati sottili e passate conglomeratiche; nella porzione superiore e media le arenarie diventano prevalenti e si presentano in strati e in banchi; alla base (Valle del Forno) sono localmente presenti marne argillose grigio-verdastre; scarsa microfauna. Oligocene superiore.*

Nell'ambito del Bacino terziario del Piemonte da Grondona a Brignano Frascata si sviluppa la Formazione di Monastero (le « Monastero marls » di SAGRI, in MERLA ed altri, 1964), presente anche nel Foglio 70 « Alessandria », dal margine orientale sino alla Valle Scrivia, dove si perde.

La Formazione di Monastero poggia in continuità stratigrafica sui Conglomerati di Savignone (a S) o sulle Arenarie di Ranzano (a N).

Essa è sormontata, pure in continuità stratigrafica, in tutto il suo sviluppo entro l'area del Foglio « Voghera », dalle Marne di M. Zuccaro. Lo spessore può essere indicato approssimativamente in 400 m.

Si tratta di alternanze ritmiche di tipo fliscioide, di argille marnose grigie e di arenarie di ugual colore, in strati di potenza variabile, per lo più esigua; qua e là si hanno anche livelli essenzialmente marnosi e conglomeratici.

Nella porzione superiore e media le arenarie diventano prevalenti e si presentano in strati e banchi ed assumono aspetti simili alle arenarie della Formazione di Costa Montada in Valle Scrivia (vedi Foglio 70 « Alessandria »).

Alla base sono localmente presenti (ad es. Valle del Forno) marne argillose grigio-verdastre, simili alle Marne di Rigoroso del Foglio 70 « Alessandria » con scarsa microfauna a *Nodosaria longiscata* (D'ORB.), *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Globorotalia opima opima* (BOLLI).

Sulle superfici degli interstrati arenacei sono frequenti i *Palaeoduction*.

Poco frequenti e significativi sono quindi gli elementi paleontologici ottenibili da questa formazione.

Essa corrisponde allo « Stampiano » della 1^a edizione del Foglio « Voghera » (SACCO, 1929) e al Cattiano di VAN DER HEIDE (1941).

La posizione a tetto dei Conglomerati di Savignone e soprattutto delle Arenarie di Ranzano, che già si estendono sino all'Oligocene superiore, pone questa Formazione nella parte più alta dell'Oligocene.

23) « Marne di Antognola » (?)

M¹ - E³ — *Marne grigio-verdastre straterellate o in banchi o massicce, con intercalazioni di straterelli arenacei e di livelli cineritici nella porzione superiore e con masse sabbiose in quella mediana; nella parte superiore presenza di Globigerinita dissimilis (CUSH. e BERM.), Stilostomella nuttalli (CUSH.) e sporadicamente di Globorotalia mayeri CUSH. e ELL., Globigerinoides sp. e radiolari; in quella inferiore microfauna a Cibicides cushmani NUTT., Cibicides perucidus NUTT., Globigerina ampliapertura BOLLI; alla base presenza di Globorotalia centralis CUSH. e BERM., G. crassula CUSH. e STEW. Miocene prelanghiano-Eocene sup.*

Nella zona di Momperone (in Val Curone) si sviluppano, al di sopra delle Arenarie di Ranzano, delle marne grigio-verdastre straterellate o in banchi o massicce, cui si intercalano nella porzione mediana masse sabbiose e nella porzione superiore straterelli arenacei e livelli cineritici; esse

fanno passaggio graduale verso l'alto alle Marne di Monte Lumello; nella zona di Lumello (fianco destro della Valle Staffora), la formazione riaffiora sempre alla base delle Marne di Monte Lumello; qui sono particolarmente evidenti i livelli cineritici in passato attivamente cavati. Marne del tutto simili affiorano in ampia fascia da Avolasca (Val Grue) a Brignano Fiasca (Val Curone) e a Bagnaria (Valle Staffora); nella zona di Monte Penola, di M. Succo e di Buschi le suddette marne fanno passaggio graduale alle Marne di Monte Lumello, conservate in lembi per lo più ridotti al di sotto delle Arenarie di Monte Vallassa. Mancano, in tutta questa fascia, le Arenarie di Ranzano; masse sabbiose, tipo Ranzano, sono qua e là presenti nella parte medio-inferiore della formazione, senza che si possa attribuire loro un significato formazionale.

In questa fascia meridionale, nella zona di Serra del Monte, sono state rinvenute microfaune a *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM. e *G. crassula* CUSH. e STEW. che attestano (a meno di un poco probabile rimaneggiamento) l'età eocenica superiore di questa porzione delle marne in esame.

Più in alto nella serie sono state rinvenute, nella zona di Pizzocorno in Valle Nizza, microfaune indicative di un Oligocene alto, anche per la frequente presenza di *Globorotalia opima opima* BOLLI in associazione a *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.).

Alla sommità, poco al di sotto cioè delle Marne di Monte Lumello, sono stati raccolti campioni con microfauna a *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Stilostomella nuttalli* (CUSH.) e contenenti qua e là anche *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL. e *Globigerinoides* sp.; soprattutto questi ultimi elementi faunistici fanno attribuire la parte alta della formazione in esame al Miocene prelanghiano (*).

Sembra quindi che la formazione occupi nella fascia più settentrionale la posizione della parte più alta dell'Oligocene superiore e della parte

(*) In attesa di una precisa valutazione della posizione del Langhiano sulla base dei nuovi dati raccolti, si è preferito suddividere il Miocene dal basso all'alto in Miocene prelanghiano, Langhiano, Serravalliano, Tortonian.

basale del Miocene, mentre nella fascia più meridionale la formazione si estenderebbe dal Miocene basale all'Eocene superiore occupando quindi anche l'intervallo di tempo altrove preso dalle Arenarie di Ranzano, e fondendosi alla base colle Marne di Monte Piano.

Nella prima edizione del foglio tutti questi terreni sono indicati come « Tongriano » e nella carta del VAN DER HEIDE del 1941 come « Rupeliano » o addirittura « Mesozoico ».

Anche se la corrispondenza formazionale non è perfetta, è sembrato ai rilevatori del foglio di poter assimilare le marne in esame alle Marne di Antognola, che nel Modenese sembrerebbero occupare anche la posizione delle Arenarie di Ranzano e fondersi colle Marne di Monte Piano (PIERI, 1961).

Lo spessore della formazione è in generale notevole, potendo superare anche i 1000 m.

24) « Marne di Rigoroso » (nel bacino terziario del Piemonte)

M¹ - O³ — *Marne argillose verdine, senza evidente stratificazione; nella parte mediana banchi arenacei e argille sabbiose straterellate; microfauna a Globigerinita dissimilis (CUSH. e BERM.), Globorotalia opima opima BOLLI, Cibicides cushmani NUTT. Miocene inf. - Oligocene sup.*

Come Marne di Rigoroso, aventi la loro serie-tipo nella zona di Rigoroso in Valle Scrivia (Foglio 70 « Alessandria »), sono state cartografate le marne argillose verdine, senza evidente stratificazione, che si sviluppano attorno alla placca di Castagnola, nell'area del bacino terziario del Piemonte.

Nella parte mediana si hanno banchi arenacei e argille sabbiose straterellate.

La corrispondenza colle tipiche Marne di Rigoroso non è perfetta, in quanto a Rigoroso i banchi arenacei si trovano essenzialmente nella parte alta della formazione dove sono presenti anche straterelli calcarei selciosi a radiolari.

Le Marne di Rigoroso, nell'area del Foglio « Voghera », succedono

stratigraficamente alle Arenarie di Ranzano (a Rigoroso poggiano sui Conglomerati di Savignone) e verso l'alto passano gradualmente alla Formazione di Castagnola. Lo spessore è notevole e raggiunge i 500-600 m.

Localmente le microfaune non sono molto abbondanti e significative: vi sono state riconosciute *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.) e *Globorotalia opima opima* BOLLI; quest'ultima testimonierebbe l'Oligocene superiore. Non sono stati trovati, nell'area rilevata, elementi paleontologici attestanti il Miocene; a Rigoroso, viceversa, la presenza di frequentissimi radiolari, associati a *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Globigerina* sp., *Globoquadrina* sp. fa attribuire la parte superiore della formazione al Miocene inferiore. Per analogia anche qui la formazione è stata attribuita al Miocene inf. - Oligocene sup.; potrebbe darsi che la formazione avesse un minor sviluppo verticale e si limitasse all'Oligocene superiore.

Nella prima edizione del foglio (SACCO, 1929) questi terreni erano indicati come « Stampiano » e nella carta del VAN DER HEIDE (1941) come « Cattiano ».

25) « Marne di M. Zuccaro » (nel bacino terziario del Piemonte)

M¹ - O_Z¹ — *Marne argillose verdi con qualche livelletto calcareo e qualche banco arenaceo; verso la sommità intercalazioni di argille caolinitiche e montmorillonitiche; microfauna a Globigerinita dissimilis (CUSH. e BERM.), Globorotalia opima opima BOLLI, Cibicides cushmani NUTT., C. venezuelanus NUTT. Miocene inf. - Oligocene sup.*

Con questa denominazione derivante dal M. Zuccaro nella zona di Garbagna viene indicata la formazione che si sviluppa a W di Garbagna, a tetto della Formazione di Monastero e a letto della Formazione di Variano.

Si tratta di marne argillose verdi mal stratificate, piuttosto monotone, alle quali s'intercalano rari livelletti calcarei e banchi arenacei; verso la sommità della formazione, nella zona di Ramero, sono presenti argille caolinitiche e montmorillonitiche. Lo spessore, nella zona di Garbagna,

è molto forte raggiungendo i 300 m; nella zona di Poggio Maggiore però la formazione scompare: è verosimile quindi che il contatto colla formazione sovrastante (Formazione di Variano) non sia per continuità stratigrafica.

Le microfaune [*Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Globorotalia opima opima* BOLLI, *Cibicides cushmani* NUTT., *C. venezuelanus* NUTT.] hanno carattere oligocenico superiore.

Più ad occidente, nell'area del Foglio 70 « Alessandria », fra Formazione di Monastero e Formazione di Variano si sviluppano le Marne di Rigoroso; le Marne di M. Zuccaro occupano quindi all'incirca la stessa posizione stratigrafica; ad esse, come alle Marne di Rigoroso, è stata attribuita un'età miocenica inferiore-oligocenica superiore.

Questi terreni erano indicati nella prima edizione del Foglio 71 « Voghera » (SACCO, 1929) e nella carta del VAN DER HEIDE (1941) come « Aquitaniano »; fu il DI NAPOLI nel 1953 a mettere in evidenza il carattere oligocenico della microfauna.

L'Oligocene avrebbe pertanto nella zona uno spessore molto rilevante, comprendendo le Arenarie di Ranzano o i Conglomerati di Savignone, la Formazione di Monastero e le Marne di M. Zuccaro.

MERLA (1957), seguendo le indicazioni dell'AGIP Mineraria, ha voluto vedere in questa potentissima serie oligocenica le tracce di una ripetizione tettonica per l'esistenza di una massa alloctona da breve distanza, compresa fra l'Oligocene in facies ligure e il Miocene autoctono. BONI (1962) scarta questa ipotesi ed insiste sull'età miocenica inferiore delle Marne di M. Zuccaro.

Questa formazione corrisponde sostanzialmente alla « Maiolo-Formation » di VERVLOET (1966).

26) « Complesso di Sanguinetto » (nella « finestra » di Bobbio)

M¹-O — *Complesso costituito da argilliti, talora passanti ad arenarie siltose, ben stratificate, e masse di « calcare e argilla » (ca²) e, in misura molto limitata, di « alberese » (al²), simili ai membri della*

« Formazione di Monte Penice », talora con aspetto caotico; microfauna non più recente dell'Eocene nell'« al² » e nel « ca² »; nelle argilliti frequente microfauna (rimaneggiata?) a Globigerinita dissimilis (CUSH. e BERM.), Cibicides perlucidus NUTT., C. cushmani NUTT., Nodosarella robusta CUSH.; in alcuni campioni sono stati rinvenuti: Globigerinoides trilobus (REUSS), Globorotalia mayeri CUSH. e BELL. Miocene prelanghiano - Oligocene.

Questo complesso rappresenta il termine più profondo del gruppo di formazioni affioranti in « finestra » nelle Valli Aveto e Trebbia.

Esso compare in una zona relativamente ampia, ubicata immediatamente a S di Marsaglia e geograficamente compresa fra gli affioramenti della Formazione di Bobbio (a nord-est) e quelli della Formazione di Val d'Aveto (a sud-ovest).

E' costituito da argilliti siltose, marne arenacee e arenarie siltose, includenti cospicue e diffuse masse di « calcare e argilla » e, in misura più ridotta, di « alberese », che, sia dal punto di vista litologico che da quello del contenuto microfaunistico, denotano spiccate analogie con i corrispondenti membri della Formazione di Monte Penice.

Questi inclusi presentano sovente giacitura caotica e non mostrano in alcun caso legami diretti con le argilliti che li inglobano: la loro messa in posto sembrerebbe potersi ricollegare a fenomeni di tipo olistostroma.

Le argilliti siltose, che rappresentano quindi nell'ambito del complesso in descrizione il termine a sedimentazione normale, mostrano analogia sia con le Argilliti di Brugnello (membro basale della Formazione di Bobbio) che con le Argilliti di Ruffinati (membro inferiore della Formazione dell'Aveto), con le quali vengono a diretto contatto; esse se ne distinguono tuttavia per la maggior frequenza degli intervalli arenacei e per l'estrema abbondanza del materiale esotico che esse includono e, in parte, anche per il contenuto microfaunistico.

L'età del Complesso di Sanguinetto (Miocene prelanghiano-Oligocene) è stata desunta esclusivamente dalle microfaune rinvenute nelle argilliti (le associazioni eoceniche e paleoceniche contenute negli inclusi di « calcare e argilla » e di « alberese » non rivestono, per ovvie ragioni, alcun

significato ai fini della datazione del complesso). Va tuttavia precisato che nelle stesse argilliti è stata riscontrata una notevole mescolanza di faune a significato diverso (mioceniche, oligoceniche e, talvolta, anche eoceniche), mescolanza osservata in alcuni casi anche in un singolo campione. A causa di queste contaminazioni faunistiche — quelle stesse che verranno sottolineate per la Formazione di Bobbio e per il Complesso di Coli — una precisa datazione è risultata estremamente difficoltosa; per la base del Complesso di Sanguinetto si è proposta una datazione all'Oligocene, ma non si può del tutto escludere che le microfaune ivi rinvenute [*Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.), *Cibicides perlucidus* NUTT., *C. cushmani* NUTT., *Nodosarella robusta* CUSH.] siano in realtà associate ad altre più recenti, come si verifica per la parte superiore [presenza, accanto alle prime, di *Globigerinoides trilobus* (REUSS) e *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL.].

Il Complesso di Sanguinetto mostra giacitura non sempre regolare, soprattutto nelle zone dove abbondano le intercalazioni di « calcare e argilla » e « alberese »; qui infatti si osservano arricciamenti, piegamenti e contorsioni degli strati. Una relativa maggior regolarità esso presenta invece in prossimità del contatto con la Formazione di Bobbio e con la Formazione di Val d'Aveto. Circa i rapporti con queste ultime formazioni, occorre precisare che il complesso in parola si sviluppa a tetto del membro inferiore della Formazione di Bobbio — che si trova qui in serie rovesciata — e costituisce, nel contempo, il substrato d'appoggio della Formazione di Val d'Aveto; l'affinità litologica e i rapporti cronologici sembrerebbero indicare che tali contatti, per quanto complicati da modesti scorrimenti, fossero all'origine di natura stratigrafica.

Seduzcente appare allora l'ipotesi che il Complesso di Sanguinetto costituisca il nucleo di una grande piega anticlinale, parzialmente rovesciata verso NE, con ali corrispondenti rispettivamente alla Formazione di Bobbio e alla Formazione di Val d'Aveto. Non è peraltro ancora possibile stabilire con sicurezza una diretta correlazione fra queste due formazioni, per quanto la dimostrata corrispondenza cronologica (BONI, BRAGA e MARCHETTI, 1968) ne costituisca un valido presupposto.

27) « Formazione di Variano » (nel bacino terziario del Piemonte)

M¹ — *Marne argillose alternate a strati e banchi di sabbie e straterelli arenacei; microfaune a Globigerina venezuelana* HEDB., *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.). *Miocene inferiore.*

La formazione proviene dal Foglio 70 « Alessandria », dove si sviluppa a tetto delle Marne di Rigoroso, occupando quindi all'incirca la posizione della Formazione di Costa Montada, dalla quale peraltro differisce un poco per facies. Si tratta di marne argillose alternate a strati e banchi di sabbie e straterelli arenacei, con locali lenti conglomeratiche.

Entro l'area del Foglio 71 « Voghera » sono state rinvenute soltanto microfaune a carattere oligocenico con *Globigerina venezuelana* HEDB., *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.); nel Foglio 70 « Alessandria », al limite col Foglio « Voghera », sono stati raccolti anche campioni con *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *Uvigerina galloway basicordata* CUSH. e RENZ., *U. rustica* CUSH. e EDW. e frequenti radiolari: queste associazioni indicano il Miocene inferiore.

La Formazione di Variano si sviluppa a tetto delle Marne di M. Zuccaro; il contatto, come s'è detto, è verosimilmente per discordanza. Essa è sormontata dalle Marne di Cessole, ma anche questo contatto corrisponde ad una discordanza.

Nella prima edizione del Foglio 71 « Voghera » (SACCO, 1929) e nella carta del VAN DER HEIDE (1941) la formazione è posta al limite fra Aquitaniano e Langhiano.

Essa corrisponde alla sommità della « Maiolo-Formation » di VERVOLET (1966).

L'attribuzione cronostratigrafica è fatta sulla base della sua posizione a tetto delle Marne di M. Zuccaro, che, corrispondendo alle Marne di Rigoroso, dovrebbero raggiungere il Miocene inferiore, e della presenza nel Foglio 70 « Alessandria » di associazioni microfaunistiche del Miocene inferiore.

Lo spessore della porzione conservata della formazione entro l'area del Foglio 71 « Voghera » è ridotta e dell'ordine di qualche decina di metri.

28) « Formazione di Castagnola » (nel bacino terziario del Piemonte)

M_C^1 — *Alternanze regolari di arenarie (prevalenti verso la base), argille marnose e marne, con locali livelli sabbiosi; microfauna a Uvigerina rustica CUSH. e EDW., Globoquadrina dehiscens (CHAP., PARR. e COLL.). Miocene prelanghiano.*

Questa formazione si sviluppa nell'estrema propaggine orientale del Bacino terziario del Piemonte, nella zona di Castagnola, dalla quale deriva il nome.

Essa era indicata nella prima edizione del foglio (SACCO, 1929) e nella carta del VAN DER HEIDE (1941) come « Aquitaniano ».

La formazione poggia in continuità stratigrafica sulle Marne di Rigoroso e passa verso l'alto, pure in continuità stratigrafica, alle Marne di Cessole. Lo spessore è notevole e dell'ordine di 500 metri.

Si tratta di alternanze regolari di arenarie (le quali peraltro sono prevalenti verso la base), argille marnose e marne; localmente si hanno livelli sabbiosi.

La posizione stratigrafica a tetto delle Marne di Rigoroso e a letto delle Marne di Cessole è quella della Formazione di Costa Montada e della Formazione di Costa Areasa della Valle Scrivia nel contiguo Foglio 70 « Alessandria ». Le analogie litologiche, evidenti nel carattere un po' fliscioide, sono più colla seconda di queste formazioni che non colla prima, della quale si può forse vedere un accenno nel prevalere delle arenarie alla base della Formazione di Castagnola.

Le microfaune isolate a *Uvigerina rustica* CUSH. ed EDW., *Globoquadrina dehiscens* (CHAP., PARR. e COLL.) fanno attribuire la formazione decisamente al Miocene prelanghiano.

29) « Formazione di Val d'Aveto » (nella « finestra » di Bobbio)

M_A^2 ; M_R^2 — *Arenarie prevalentemente verdastre, a grana media o grossolana, in strati gradati, con intercalazioni di strati argillitici e, localmente, di lenti conglomeratiche; nelle arenarie microfauna, presu-*

mibilmente rimaneggiata, a discocicline, nummuliti e gumbeline; in alcuni elementi marnoso-calcarei dei conglomerati affioranti a S del foglio (C.ta Coverera) presenza di Globoquadrina dehiscens (CHAP., PARR. e COLL.), Globigerinoides trilobus (REUSS), Orbulina cfr. universa D'ORB.: membro delle arenarie dell'Aveto (M_A^2); argilliti marnose, di colore grigio-chiaro, localmente con sottili intercalazioni arenacee; alla base esse inglobano lembi intensamente tettonizzati di « calcare e argilla » (ca), con litofacies del tutto simile al membro F^2 - PC_A della « Formazione di Monte Penice »; microfauna (rimaneggiata?) a Cyclamina acutidorsata (HANTK.), Chrysalogonium tenuicostatum CUSH. e BERM., Globigerinita dissimilis (CUSH. e BERM.), Gyroidina girardana (REUSS): membro delle argilliti di Ruffinati (M_R^2). Langhiano.

La Formazione di Val d'Aveto — già indicata come « Macigno » da alcuni AA. precedenti — è limitatamente rappresentata nel Foglio 71 « Voghera », raggiungendo essa il suo maggiore e più completo sviluppo più a S, nell'area del contiguo Foglio 83 « Rapallo ».

Negli affioramenti del foglio in illustrazione, pur non presentando la formazione la sua facies più tipica, è ugualmente possibile distinguere nel suo ambito i due membri citati in legenda. Di essi quello superiore (Arenarie dell'Aveto) mostra uno sviluppo areale più limitato; il passaggio tra i due è anche qui graduale e contrassegnato da fenomeni di eteropia.

Le Argilliti di Ruffinati hanno, nell'insieme, facies analoga a quella del membro inferiore della Formazione di Bobbio (Argilliti di Brugnello); presentano tuttavia una più netta stratificazione, che deriva loro anche da una maggior frequenza delle intercalazioni arenacee; lo spessore di alcuni letti argillitici raggiunge il metro; caratteristica è altresì la presenza di interstrati calcareo-marnosi. Elemento peculiare delle Argilliti di Ruffinati è poi la locale comparsa, nella porzione basale delle stesse, di lembi e lenti di materiale calcareo-argilloso, che, come nel caso del già descritto Complesso di Sanguineto, presenta facies analoga a quella del membro inferiore della Formazione di Monte Penice (« Calcare e argilla » di S. Maria). Anche qui la giacitura caotica e l'assenza di rapporti stra-

tigrafici diretti con le argilliti che lo inglobano, fanno pensare, per detto materiale, ad una messa in posto per frana sottomarina (olistostroma).

Come si è detto, le Argilliti di Ruffinati passano regolarmente, verso l'alto, al *Membro delle Arenarie dell'Aveto*, che nel Foglio « Voghera » rivela esiguo spessore (max. 200 m).

Esso consta di arenarie generalmente grigie, a grana media o grossolana, gradate, ben stratificate, comportanti sottili intercalazioni di argilliti, a volte scagliettate. Si presentano in banchi potenti talora più di 1 m, la cui base può, occasionalmente, essere costituita da conglomerati generalmente minuti (i classici conglomerati a grossi elementi poligenici, intercalati nelle arenarie in parola, affiorano nella stragrande maggioranza nell'area del Foglio « Rapallo »).

Tipiche, alla base dei singoli banchi di arenaria più minuta, sono a volte le strutture sedimentarie ricollegabili all'azione delle correnti di fondo (calchi di docce di erosione, di solchi di trascinamento, ecc.).

Le microfaune contenute nella Formazione di Val d'Aveto sono generalmente scarse e a significato cronologico contrastante.

Nel membro inferiore è stato infatti possibile evidenziare la presenza di una microfauna, generalmente mal conservata, a *Cyclammina acutidorsata* (HANTK.), *Chrysalogonium tenuicostatum* CUSH. e BERM., *Globigerinita dissimilis* (CUSH. e BERM.) e *Gyroidina girardana* (REUSS), che denota affinità oligocenica.

Per ciò che concerne le microfaune rinvenute nel membro superiore, occorre distinguere tre diversi casi: nelle bancate arenacee è stata riscontrata la presenza di esemplari di nummuliti e discocicline, di dimensioni analoghe a quelle dei granuli del sedimento; in interstrati calcareo-marnosi, associati alle intercalazioni argillitiche varicolori (Foglio 83 « Rapallo »), sono state invece osservate associazioni a gumbeline e globorotalie di tipo paleocenico; in alcuni elementi marnoso-calcarei dei livelli conglomeratici a matrice siltosa (in località Costa Coverera, nel Foglio 83 « Rapallo ») sono state, infine, rinvenute associazioni planctoniche a carattere « langhiano » (BONI ed altri, 1968).

Quest'ultimo rinvenimento implica, necessariamente, il rimaneggia-

mento delle microfaune eoceniche e paleoceniche contenute nel membro arenaceo. Sulla scorta di queste considerazioni si potrebbe altresì pensare che anche le microfaune oligoceniche delle argilliti di Ruffinati siano rimaneggiate, tanto più che le predette associazioni mioceniche sono state rinvenute nella porzione basale delle arenarie dell'Aveto, che, come si è detto, presentano marcati fenomeni di eteropia con le argilliti stesse.

Nel Foglio « Voghera » la formazione presenta giacitura assai regolare: essa immerge uniformemente verso SW, dove risulta tettonicamente sormontata dalla Formazione di Monte Penice o, direttamente, dalle Argille a palombini di Monte Veri; essa si appoggia, a sua volta, verso NE, sul Complesso di Sanguinetto. L'affinità di facies che le due unità litostigrafiche presentano in corrispondenza di quest'ultimo contatto e i loro rapporti cronologici sembrerebbero indicare l'esistenza di un legame stratigrafico, per quanto non si possa escludere un modesto sovrascorrimento della prima sul secondo.

30) « Formazione di Bobbio » (nella « finestra » di Bobbio)

M_P^2 ; M_S^2 ; M_B^2 — *Arenarie, argilliti marnose e marne siltose; queste ultime sono del tutto prevalenti alla sommità e alla base della formazione, in modo che si possono distinguere i seguenti membri: argilliti e marne più o meno siltose ed arenacee, localmente (Telecchio, S. Salvatore) inglobanti blocchi calcarei e massi calcareo-marnosi a Lucina dicomani MEN. e L. destefanii ROV.: membro delle argilliti di Peli (M_P^2); arenarie grigie, ben stratificate, da grana grossolana a media, con lenti di conglomerati tipo « Cicerchina »; intercalazioni di argilliti e marne siltose e, nelle parti alte, a volte, strati e lenti calcareo-marnosi: membro delle arenarie di S. Salvatore (M_S^2); argilliti e marne più o meno siltose, localmente ricche di intercalazioni arenacee: membro delle argilliti di Brugnello (M_B^2); microfauna comune ai tre membri: Globigerinoides trilobus (REUSS), Globorotalia mayeri (CUSH. e ELL., G. opima nana BOLLI, Globoquadrina dehisca (CHAP., PARR. e COLL.). Langhiano.*

Questa formazione, indicata nella letteratura geologica anche con il nome di « Macigno di Bobbio », affiora esclusivamente nel II quadrante del foglio, lungo la Val Trebbia (a monte di Bobbio), dove occupa un'area relativamente vasta, allungata in senso NW-SE.

Si tratta di una potente serie detritica (1000-1100 m di spessore), che, per la predominanza della componente arenacea nella sola parte mediana, è stata suddivisa nei tre membri sopra indicati.

Di questi il più alto (*Argilliti di Peli*) è costituito da argilliti silteose, talora arenacee, grigio-chiare, straterellate, per una potenza totale di 80-100 m; il passaggio al sottostante membro arenaceo (*Arenarie di S. Salvatore*) è assai graduale.

Quest'ultimo (spessore 600-650 m) è a sua volta rappresentato da sequenze torbiditiche gradate, nelle quali gli intervalli basali, corrispondenti ad arenarie grossolane, assumono sviluppo predominante.

Tali sequenze sono spesso troncate verso l'alto per l'intervento di fenomeni erosivi avvenuti nel periodo compreso fra la fine della deposizione di una sequenza e l'inizio di quella successiva (a questi fenomeni sono fra l'altro da attribuire le numerose impronte di corrente, osservabili sulla superficie basale degli strati arenacei).

In rapporto alla loro composizione petrografica (quarzo, feldspati, miche e rari frammenti litici) le Arenarie di S. Salvatore, nella loro facies più tipica, rientrano nel gruppo delle grovacche. In alcuni banchi a grana più minuta, le stesse arenarie, per un relativo incremento dei granuli monomineralici e la comparsa di frustoli di vegetali, tendono ad assumere i caratteri di sub-grovacche.

Nell'ambito della serie arenacea, ma soprattutto alla base ed alla sommità della stessa, sono presenti frequenti intercalazioni di argilliti, cui si associano di tanto in tanto interstrati e lenti calcareo-marnose, talora fossiliferi.

Anche il passaggio alle sottostanti *Argilliti di Brugnello* è graduale e caratterizzato da sia pure deboli fenomeni di eteropia.

Queste presentano nell'insieme marcate affinità con le Argilliti di Peli; tuttavia le singole sequenze sono relativamente più potenti

e presentano più frequentemente sottili intervalli arenacei. Ambedue i membri contengono localmente blocchi calcarei e calcareo-marnosi, talora riccamente fossiliferi.

Lo spessore delle Argilliti di Brugnello è valutabile in 400 m ca.

La Formazione di Bobbio non denota, microfaunisticamente, un'aprezzabile evoluzione procedendo dal basso all'alto: nei tre membri sono state osservate (BONI, BRAGA e MARCHETTI, 1963 e 1968) associazioni pressoché identiche [*Globoquadrina debiscens* (CHAP., PARR e COLL.), *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *G. opima nana* BOLL], che sembrano indicare un'età miocenica inferiore (« Langhiano »). Tali associazioni sono state rinvenute in (rari) campioni di argilliti e, nel caso del membro arenaceo, anche in una intercalazione calcareo-marnosa.

Microfaune analoghe sono contenute nei blocchi calcareo-marnosi a lucine (*Lucina destefanii* ROV., *L. dicomani* MEN. e, presumibilmente, *L. doderleini* DI STEF.), inclusi nelle argilliti; in tali blocchi è stata recentemente segnalata anche la presenza di orbuline [*Orbulina universa* D'ORB., O. cfr. *suturalis* BRONN (SCHLÜTER, 1968)].

Si deve tuttavia precisare che le associazioni citate sono accompagnate, specie negli affioramenti delle Argilliti di Brugnello, da altre ad affinità oligocenica o, addirittura, eocenica superiore: queste microfaune avevano indotto, in precedenza, ad attribuire alla formazione un'età più antica.

La giacitura della Formazione di Bobbio, nel suo insieme, è abbastanza regolare. Nella porzione nord-orientale dell'area di affioramento la serie immerge verso NE, scomparendo al di sotto del Complesso di Coli, secondo un contatto la cui natura non è risultata sufficientemente chiara; nella porzione sud-occidentale la formazione immerge in senso opposto (verso SW). Qui la serie appare rovesciata: il rovesciamento interessa tutta la pila delle Argilliti di Brugnello ed un certo spessore delle Arenarie di S. Salvatore. Le Argilliti di Brugnello sono in questa zona sormontate dal Complesso di Sanguinetto: anche in questo caso non è possibile stabilire con certezza il tipo di contatto, essendo esso stato, in ogni caso,

alterato per sopravvenuti fenomeni di scorrimento; esistono peraltro buone ragioni per ritenere che, almeno originariamente, fosse di natura stratigrafica.

Complesso di Coli e Complesso di Sanguinetto vengono a contatto quasi diretto ai due estremi nord-occidentale e sud-orientale dell'area di affioramento della Formazione di Bobbio, che, sulla carta, ne viene così circondata.

31) « Complesso di Coli » (nella « finestra » di Bobbio)

M_C^2 — *Complesso costituito da argilliti e masse di « calcare e argilla » (ca¹) e, in misura molto limitata, di « alberese » (al¹), simili ai membri della « Formazione di Monte Penice », talora con aspetto caotico; microfaune non più recenti dell'Eocene nell'« al¹ » e nel « ca¹ »; a Globigerinoides trilobus (REUSS), Globorotalia opima nana (BOLLI), G. mayeri CUSH. e ELL., Globoquadrina dehiscens (CHAP., PARR e COLL.) nelle argilliti. Langhiano?*

Rappresenta il termine geometricamente più alto dei terreni affioranti in « finestra » lungo la Val Trebbia, all'altezza di Bobbio. Qui esso occupa un'area relativamente ampia, grosso modo diretta in senso NW-SE, ed estesa dal basso versante sinistro del Trebbia fino al margine orientale del foglio da dove gli affioramenti si continuano nel contiguo Foglio 72 « Fiorenzuola d'Arda ». Il Complesso di Coli si sviluppa al di sopra della Formazione di Bobbio, secondo un contatto di cui, come si è detto, non è stato possibile stabilire l'esatta natura; è a sua volta tettonicamente sormontato dalla Formazione di Monte Penice o, direttamente, in alcuni punti, dalle Argille a palombini di Barberino.

E' costituito, come il Complesso di Sanguinetto, da argilliti siltose, localmente ricche di sottili intercalazioni arenacee, includenti diffuse e cospicue intercalazioni di « calcare e argilla » e, in minor misura, di « alberese », quasi sempre in masse lenticolari ad assetto caotico. Anche in questo caso la presenza di tale materiale esotico, litologicamente e micro-

faunisticamente ricollegabile ai membri della Formazione di Monte Penice, può essere attribuita a frane sottomarine sinsedimentarie (olistostromi).

Le argilliti siltose, che rappresentano dunque il termine a sedimentazione normale, hanno spiccate analogie di facies con le sottostanti Argilliti di Peli della Formazione di Bobbio, l'unico carattere distintivo essendo rappresentato dall'esistenza, nelle prime, delle citate intercalazioni di « calcare e argilla » e di « alberese ».

Le variabili condizioni di affioramento del Complesso di Coli e soprattutto la sua giacitura estremamente irregolare non permettono di valutare in termini soddisfacenti lo spessore, che non dovrebbe in ogni caso superare i 300 m.

Per la datazione del complesso in parola si è fatto riferimento alle microfaune rinvenute nelle argilliti siltose, essendo — per ovvie ragioni — prive di significato quelle eocenico-paleoceniche presenti nelle intercalazioni di « calcare e argilla » e « alberese ». In verità anche le associazioni microfaunistiche rinvenute nelle argilliti hanno denotato carattere contrastante, in quanto, mentre la maggior parte dei campioni fossiliferi conteneva forme ad affinità oligocenica, in altri, assai più rari, è stata riscontrata la presenza di esemplari a carattere miocenico [*Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *G. opima nana* BOLLI, *Globoquadrina dehiscens* (CHAP., PARR e COLL.)], che testimonierebbero il rimaneggiamento delle prime. In particolare le microfaune più recenti sembrerebbero indicare il Langhiano.

32) « Marne di Monte Lumello »

M^{2-1} — *Marne calcaree grigio-biancastre a pteropodi, con livelli tripolacei a radiolari e livelli cineritici o marnosi, impregnati di silice; microfauna a Globigerinoides trilobus (REUSS), Globorotalia mayeri CUSH. e ELL., Globoquadrina dehiscens (CHAP., PARR e COLL.); marne sabbiose e arenarie grigio-verdastre con Globigerina venezuelana HEDB., Planulina marialana HADL., Bolivina tectiformis CUSH. Langhiano - Miocene prelanghiano.*

I terreni cartografati sotto questo nome erano indicati nella prima edizione del foglio (SACCO, 1929) come « Aquitaniano » e « Langhiano ».

La formazione si sviluppa regolarmente a tetto delle Marne di Antognola e nell'angolo di NW è sormontata, in successione stratigrafica o con minima discordanza, dalle Arenarie di Serravalle; più a S, intorno alla placca di M. Penola, M. Vallassa e a quella di Pizzocorno-Pietragravina, è ricoperta, con più netta discordanza, dalle Arenarie di Monte Vallassa.

La serie comincia (dal basso) con marne sabbiose e arenarie grigio-verdastre con *Globigerina venezuelana* HEDB., *Planulina marialana* HADL., *Bolivina tectiformis* CUSH.: è questo l'« Aquitaniano » della prima edizione del foglio.

Seguono verso l'alto marne calcaree grigio-biancastre a pteropodi, con livelli cineritici o marnosi impregnati di silice, attivamente cavati in più località.

La microfauna comprende *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globorotalia mayeri* CUSH. e HELL., *Globoquadrina debiscens* (CHAP., PARR e COLL.) ed indica il Langhiano.

Per questa formazione si pone il problema dei suoi rapporti colle Marne di Antognola e coi Tripoli di Contignaco, coi quali esistono analogie di facies e di posizione stratigrafica; tuttavia in attesa che questi siano sicuramente chiariti abbiamo preferito la denominazione e la descrizione locale.

Lo spessore può raggiungere, in Val Ardivestra, i 300 m.

33) « Marne di Cessole » (nel bacino terziario del Piemonte)

M² — *Marne sabbiose grigio-azzurre, dure, in grossi banchi, con intercalazioni di straterelli arenacei, facenti transizione verso l'alto alle « Arenarie di Serravalle », e passanti verso il basso ad alternanze di sabbie, marne siltose indurite e marne argillose con microfauna a* *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globoquadrina debiscens* (CHAP., PARR e COLL.), *G. altispira* (CUSH. e JARV.), *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *G. praemenardii* CUSH. e STAINF., *Orbulina suturalis*

BRONN., *O. universa* D'ORB.: membro di M. Piasi (M²_{Pi}); *marne calcaree giallastre o grigio-biancastre con* *Uvigerina rustica* CUSH. e EDW., *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globoquadrina debiscens* (CHAP., PARR e COLL.), *Orbulina suturalis* BRONN., *Globorotalia scitula* (BRADY) (M²). *Langhiano*.

Le Marne di Cessole, aventi la loro serie-tipo a Cessole nelle Langhe, si continuano, attraverso il Foglio 70 « Alessandria », anche nel Foglio 71 « Voghera », sempre nell'ambito del Bacino terziario del Piemonte, dove le manifestazioni più settentrionali si hanno nella zona di Avolasca e di Castagnola (queste ultime sono anche le più orientali).

Diversamente da quanto è stato fatto nel Foglio 70 « Alessandria », nel Foglio 71 « Voghera » è stato cartografato separatamente il *membro di Monte Piasi*, anche per mettere in evidenza come nella zona la formazione si riduca essenzialmente a questo suo membro superiore.

Si tratta di marne sabbiose grigio-azzurre, dure, in grossi banchi, con resti fossili per lo più indeterminabili, cui si intercalano straterelli arenacei; verso l'alto tali marne sabbiose passano alle Arenarie di Serravalle; verso il basso fanno invece transizione ad alternanze di sabbie, marne siltose indurite e marne argillose.

La restante parte della formazione è costituita in modo piuttosto uniforme da marne e marne calcaree giallastre o grigio-biancastre, piuttosto massicce.

Le Marne di Cessole, anche come membro di Monte Piasi, erano state cartografate nella prima edizione del foglio (SACCO, 1923) come « Langhiano ».

Le Marne di Cessole stanno a tetto, previa discordanza stratigrafica, della Formazione di Variano e sono sormontate, in regolare successione, dalle Arenarie di Serravalle.

Dal membro di Monte Piasi è stata isolata una microfauna a *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globoquadrina debiscens* (CHAP., PARR e COLL.), *G. altispira* (CUSH. e JARV.), *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *G. praemenardii* CUSH. e STAINF., *Orbulina suturalis* BRONN., *O. universa* D'ORB.: essa indica un Langhiano molto alto, al passaggio col Serraval-

liano. Può essere infatti discutibile l'assegnazione di questo membro alle Marne di Cessole piuttosto che alle Arenarie di Serravalle; è ad ogni modo un termine di passaggio.

Nelle restanti marne sono state riconosciute microfaune a *Uvigerina rustica* CUSH. e EDW., *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globoquadrina debiscens* (CHAP., PARR e COLL.), *Orbulina suturalis* BRONN., *Globorotalia scitula* (BRADY), tipiche del Langhiano.

Le marne contengono una macrofauna rappresentata soprattutto da echinidi e pteropodi (dove il classico nome di « marne a pteropodi ») e subordinatamente da lamellibranchi.

Lo spessore della formazione è ridotto; particolarmente esiguo è quello della porzione inferiore, evidentemente a seguito di lacuna stratigrafica.

VERVLOET (1966) pone al M. Ronzone la sua « Ronzone Formation », costituita da 5 m di calcari detritici con intercalazioni sabbiose a *Myogipsina* e da conglomerati con intercalazioni di marne sabbiose contenenti ciottoli di marne indurite.

Ricordiamo anche che LABESSE (1966) accenna ad una serie di M. Ronzone « sabbioso-arenacea », con passate conglomeratiche e letti di marne a piccoli ciottoli, e dice di aver trovato in queste marne una microfauna a *Globorotalia mayeri* CUSH. e ELL., *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globigerina bollii* CITA e PREM., *G. bulloides* D'ORB., *Pullenia bulloides* (D'ORB.), attribuibile al Burdigaliano alto o al Miocene medio più basso.

34) « Arenarie di Serravalle »

M³ — *Arenarie grigio-giallastre, più molassiche e marnose e più fossilifere* (*Amussium denudatum* REUSS) verso il basso; alla sommità (?), localmente (*Cappella Montà* e *Rivanazzano*), presenza di masse calcareo-marnose a lucine; nella parte inferiore microfauna a *Uvigerina barbatula* MACFAD., *Stilostomella verneuili* (D'ORB.), *Cibicides mexicanus dertonensis* RUSC., *Orbulina universa* D'ORB. *Serravalliano*.

Lungo il margine appenninico da Rivanazzano a Calvignano, a N di

Godiasco e di Rocca Susella, al M. Calcinera, a Sanguignano, Bregne, Fortunago e Costa Pelata sono presenti complessi arenacei grigio-giallastri, più molassici e marnosi verso il basso, che abbiamo ritenuto di poter correlare alle Arenarie di Serravalle; la loro potenza e il loro sviluppo superficiale sono peraltro in generale limitati.

Le Arenarie di Serravalle in alcune località stanno regolarmente a tetto delle Marne di Monte Lumello; altrove giacciono discordanti sopra terreni più antichi; il contatto colle Marne di S. Agata Fossili sembra stratigrafico per continuità di sedimentazione, almeno nella zona a N di Rocca Susella.

Nella fascia pedemontana di questa formazione a Rivanazzano e alla Cappella Montà è presente una facies particolare rappresentata da masse calcareo-marnose a Lucine (*Lucina doderleini* DI STEFANO).

Le Arenarie di Serravalle, soprattutto nella porzione inferiore, sono spesso molto ricche di esemplari, più o meno ben conservati, di *Amussium denudatum* REUSS, cui si associa qualche altro macrofossile.

Dalla stessa porzione inferiore della formazione provengono delle microfaune a *Uvigerina barbatula* MACFAD., *Stilostomella verneuili* (D'ORB.), *Cibicides mexicanus dertonensis* RUSC., *Orbulina universa* D'ORB., che confermano l'attribuzione al Serravalliano della formazione stessa, sin dalla sua base.

Degno di nota è l'affioramento della Costa Pelata, segnalato recentemente (BONI, 1961), in quanto presenta una facies leggermente diversa, essendo un po' più sabbiosa, ma soprattutto per la sua posizione tettonica, in quanto completamente circondato dal Complesso caotico.

35) « Arenarie di M. Vallassa »

M⁴⁻³ — *Arenarie grigio-brunastre, più o meno cementate, talora passanti a microconglomerati o a brecciole organogene, generalmente ben stratificate, occasionalmente massicce e con stratificazione incrociata; banchi a noduli di corallinacee e briozoi; intercalazioni marnoso-arenacee; abbondanti macrofaune con terebratule, echinidi e lamellibranchi, so-*

prattutto pettinidi (*Chlamys scabrella* LAM., *C. scabriuscula* MATH., *Pecten benedictus patrinii* BONI); *microfauna* a *Cassidulina laevigata* D'ORB.; *le arenarie passano, verso il basso, a marne sabbiose grigio-azzurre, ricchissime di resti fossili, soprattutto terebratule, e con microfauna* a *Orbulina universa* D'ORB., *Globoquadrina dehiscens* (CHAP., PARR. e COLL.), *nella parte superiore, Uvigerina barbatula* MACFAD. e *Stilostomella verneuili* (D'ORB.), *in quella inferiore. Tortoniano-Serravalliano.*

La formazione affiora in due placche, attualmente separate, ma verosimilmente derivanti da un'unica massa smembrata dall'erosione, l'una (M. Penola - M. Vallassa) minore, a SW della Staffora, l'altra (Pizzocorno-Pietra Gavina) molto maggiore, a NE e N dello stesso torrente.

Esse erano indicate nella prima edizione del Foglio 71 « Voghera » e nella carta del VAN DEN HEIDE (1941) come Elveziano.

Le suddette placche poggiano su terreni vari con contatti in parte stratigrafici, in parte tettonici; il substrato più recente è costituito dalle Marne di Monte Lumello, che sono presenti in lembi più o meno estesi attorno alle due placche; rispetto ai terreni del basamento il contatto delle arenarie è per discordanza stratigrafica. Manca completamente un tetto di questa formazione.

Lo spessore attualmente conservato si aggira sui 400 m.

Nella formazione in esame si possono distinguere due facies che potrebbero assumere anche il significato di membri: l'una, inferiore, evidente nell'incisione operata da alcuni rii, come il Rio Semola per la placca M. Penola - M. Vallassa e il Rio Torbida per la placca Pizzocorno-Pietra Gavina, è costituita da marne sabbiose grigio-azzurre con alternanza di straterelli più teneri e di straterelli meglio cementati, ricchissimi di macrofossili; si tratta di coralli isolati, brachiopodi, lamellibranchi, gasteropodi, echinidi: per lo più i resti sono mal conservati, calcinati e quindi indeterminabili; solo alcuni gruppi, come i brachiopodi, gli ostreidi ed i pettinidi fra i lamellibranchi, gli echinidi, a guscio prevalentemente calcitico, sono talora ben conservati e quindi sicuramente determinabili.

L'altra facies, superiore, è costituita da arenarie grigio-brunastre, con alterazione giallo-bruna, più o meno cementate, generalmente ben stratificate, in quanto a straterelli più cementati se ne alternano altri che lo sono meno, localmente in banchi o addirittura massicce con evidente stratificazione incrociata.

Talora le arenarie passano a microconglomerati o a brecciole organogene; si hanno anche intercalazioni marnoso-arenacee e di banchi a noduli di corallinacee e briozoi. Si tratta evidentemente di deposito di zona epineritica (zona delle laminarie).

Ricchissima è la macrofauna di queste arenarie studiata da MARIANI prima (1887) e da BONI poi (1932, 1933, 1943): essa comprende alghe, coralli, briozoi, brachiopodi (soprattutto terebratule), echinidi, lamellibranchi — con assoluta prevalenza dei pettinidi rappresentati anche da forme significative come *Chlamys scabrella* LAM., *Ch. scabriuscula* MATH., *Pecten benedictus patrinii* BONI, che la differenziano da quella della Pietra da Cantoni del Monferrato e da quella delle Arenarie di Serravalle (questa ultima peraltro piuttosto povera) e l'avvicinano a quella di Vigoleno (Piacenza) —, rari gasteropodi, crostacei (soprattutto balanidi) e vertebrati.

Nel « membro » inferiore si può ulteriormente distinguere una microfauna della parte più bassa con *Uvigerina barbatula* MACFAD. e *Stilostomella verneuili* (D'ORB.), a carattere serravalliano inferiore, e una della parte superiore, con *Orbulina universa* D'ORB., *Globoquadrina dehiscens* (CHAP., PARR. e COLL.), a carattere decisamente serravalliano; nel « membro » superiore la microfauna è a *Cassidulina laevigata* D'ORB., *Bolivinooides miocenicus* GIAN. ed indica il Tortoniano.

Pertanto in base alle macro ed alle microfaune si può dare alle Arenarie di M. Vallassa un'età estesa dal Serravalliano al Tortoniano. E' interessante quest'ultima attribuzione perchè è l'unica manifestazione nella zona di Tortoniano in facies arenacea.

36) « Marne di S. Agata Fossili »

M⁵⁻⁴ — Marne grigio-azzurre, molto spesso sabbiose, con intercalazioni

sabbioso-arenacee verso il basso; macrofauna a prevalenti gasteropodi e coralli isolati; microfauna a *Cassidulina laevigata* D'ORB., *Bolivina miocenicus* GIAN., *Bolivina arta* MACFAD., *Ehrenbergina dinapolii* GIAN., *Globorotalia menardii* (D'ORB.), *Globigerina nepenthes* TODD.; nelle marne argillose della parte superiore, microfauna oligotipica a *Bulimina echinata* D'ORB., *B. aculeata* D'ORB. Messiniano?-Tortoniano.

Le Marne di S. Agata Fossili affiorano, entro l'area del Foglio 71 « Voghera », soltanto lungo il margine appenninico e, localmente, alla base della placca conglomeratica dell'alta valle del T. Rile di Retorbido.

La formazione poggia al M. Terso, in verosimile continuità stratigrafica, sulle Arenarie di Serravalle; lungo il margine appenninico il contatto fra queste due formazioni sembrerebbe piuttosto disturbato; a Volpellino le Marne di S. Agata Fossili poggiano direttamente sulle Arenarie di Ranzano.

Sempre lungo il margine appenninico le Marne di S. Agata Fossili sono sormontate stratigraficamente dalla formazione gessoso-solfifera.

Lo spessore è notevolmente più ridotto che nella zona-tipo e sembra aggirarsi sui 300 m.

La facies è quella classica di marne grigio-azzurre, spesso sabbiose, con modeste intercalazioni sabbioso-arenacee verso il basso e passanti verso l'alto a marne argillose.

La macrofauna, abbastanza frequente (senza peraltro avvicinarsi alla ricchezza della macrofauna del Tortonese), è costituita prevalentemente da coralli isolati e da gasteropodi.

La microfauna, sempre abbondante, comprende *Cassidulina laevigata* D'ORB., *Bolivina miocenicus* GIAN., *Bolivina arta* MACFAD., *Ehrenbergina dinapolii* GIAN., *Globorotalia menardii* (D'ORB.), *Globigerina nepenthes* TODD. e corrisponde quindi a quella della località-tipo.

Anche qui, nella parte alta della formazione non distinguibile litologicamente, la fauna diventa oligotipica a *Bulimina echinata* D'ORB., *B. aculeata* D'ORB. e sembra accennare al Messiniano. Da questo fatto deriva l'attribuzione cronostatigrafica della formazione.

37) « Formazione gessoso-solfifera »

M⁵ — Marne gessifere, lenti di gesso (g), calcari cariati, argille a fauna salmastra con *Melanopsis narzolina* BON., *Neritina mutinensis* D'ANC. Messiniano.

La formazione gessoso-solfifera è più o meno ben sviluppata, nell'ambito del Foglio 71 « Voghera », lungo il margine appenninico da M. Alfeo (Valle Staffora) a Garlassolo, Mondondone, Nebiolo, Palazzo Pegassera.

Modesti lembi si trovano a N e NE di Godiasco, al di sotto della placca conglomeratica dell'alta Valle del Rile di Retorbido.

La formazione poggia sulle Marne di S. Agata Fossili e sottostà ai Conglomerati di Cassano Spinola. Lo spessore è dell'ordine di qualche decina di metri.

Si tratta per lo più di marne gessifere, con locali lenti di gesso, di cui sono state cartografate separatamente le maggiori. Localmente si associano i caratteristici calcari cariati. A E di Mondondone sono presenti argille con fauna salmastra a *Melanopsis narzolina* BON., *Neritina mutinensis* D'ANC. (BONI, 1943).

La formazione rappresenta nel complesso il Messiniano, salvo quel po' di questo piano che può essere presente nelle sottostanti Marne di S. Agata Fossili e nei sovrastanti Conglomerati di Cassano Spinola.

38) « Conglomerati di Cassano Spinola »

P¹-M⁵ — Conglomerati e arenarie, con lenti ed intercalazioni marnoso-sabbiose, ricche di macrofossili [*Pecten reghiensis* (SEG.), *Pecten* (?) *astensis* SACCO, *Chlamys scabrella* LAM. ecc.]; nelle marne sabbiose microfaune a *Uvigerina rutila* CUSH., *Marginulina hirsuta* D'ORB., *Bolivina placentina* ZANM., *Vaginulinopsis inversa carinata* SILV. *Pliocene inf.* - Messiniano.

I Conglomerati di Cassano Spinola si sviluppano lungo il margine

appenninico da Monticelli al Palazzo Pegassera e poi formano la placca isolata, un po' più interna, dell'alta Valle del Rile di Retorbido.

Essi poggiano sulla formazione gessoso-solfifera, con debole discordanza, oppure direttamente su terreni più antichi.

I conglomerati della placca dell'alta Valle del Rile di Retorbido mancano del tetto, mentre quelli del margine appenninico sono sormontati dalle Argille di Lugagnano.

La potenza è dell'ordine di 400 m.

Nella formazione prevalgono i conglomerati per lo più grossolani, poligenici, a ciottoli arrotondati, con prevalenza di elementi calcarei, calcareo-marnosi ed arenacei, non ben cementati. Localmente si passa ad arenarie cui talora si intercalano delle sabbie.

I conglomerati sono poveri di macrofaune; sono però presenti intercalazioni lentiformi di marne sabbiose, ricche di macrofossili, che per lo più si sbriciolano all'estrazione; resistono bene invece i pettinidi, fra i quali è stato possibile riconoscere alcune forme interessanti: *Pecten reghiensis* (SEG.), *Pecten* (?) *astensis* SACCO, *Chlamys scabrella* LAM. (BONI, 1943).

39) « Argille di Lugagnano »

P — *Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con macrofauna prevalentemente rappresentata da gasteropodi; microfauna a Anomalina helicina* (COSTA), *Bolivina punctata* (D'ORB.), *Orthomorphina proxima* (SILV.), *Dimorphina tuberosa* D'ORB., *Uvigerina rutila* CUSH.; *masse di calcari a corallinacee e briozoi, con abbondante macrofauna pigmea (gasteropodi e lamellibranchi). Pliocene.*

Le Argille di Lugagnano affiorano lungo il margine appenninico da Volpedo al Palazzo Pegassera, dove passano nel Foglio 59 « Pavia ».

Esse ricoprono in concordanza stratigrafica i Conglomerati di Cassano Spinola e solo localmente sono sormontate dalle Sabbie di Asti. Potenza presumibile m 300.

La facies è quella consueta di argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-

azzurre, con macrofauna abbastanza frequente, costituita soprattutto da gasteropodi.

Sono presenti anche masse di calcare a corallinacee (BONI, 1943; BERTONI, 1943) e briozoi, con abbondante fauna pigmea, costituita da gasteropodi e lamellibranchi (BONI, 1943 e 1961).

Le marne contengono una microfauna a *Anomalina helicina* (COSTA), *Bolivina punctata* D'ORB., *Orthomorphina proxima* (SILV.), *Dimorphina tuberosa* D'ORB., *Uvigerina rutila* CUSH., che non permette una precisa attribuzione nell'ambito del Pliocene.

Questi terreni nella Carta geologica del Pedepennino padano dell'AGIP Mineraria (allegata a LUCCHETTI e altri, 1962) sono attribuiti al Pliocene inferiore.

40) « Sabbie di Asti »

p3.2 — *Marne sabbiose, sabbie, arenarie e conglomerati verso l'alto, in parte, di deposito continentale; abbondante macrofauna a Chlamys opercularis LINNÉ; microfauna a Nonion boueanum* (D'ORB.), *Eponides frigidus granulatus* DI NAPOLI, *Ammonia beccarii* (LINNÉ), *Valvulineria bradyana* (FORN.), *Asterigerina planorbis* (D'ORB.), *Elphidium crispum* (LINNÉ). *Pliocene superiore-medio.*

Le Sabbie di Asti sono presenti nel Foglio « Voghera » soltanto lungo il margine appenninico fra Volpeggino e Salice, e a NE di Piane, poggiando in continuità stratigrafica sulle Argille di Lugagnano.

Esse sono costituite da marne sabbiose, sabbie, arenarie e conglomerati, i quali, verso l'alto, sembrano essere di deposito continentale.

Nelle arenarie a NE di Piane è presente un'abbondante macrofauna a *Chlamys opercularis* LINNÉ.

La microfauna comprende *Nonion boueanum* (D'ORB.), *Eponides frigidus granulatus* DI NAPOLI, *Ammonia beccarii* (LINNÉ), *Valvulineria bradyana* (FORN.), *Asterigerina planorbis* (D'ORB.), *Elphidium crispum* (LINNÉ). Essa attesta la presenza del Pliocene superiore e medio.

Questi terreni tra il T. Staffora e il T. Curone sono considerati, nella

Carta geologica del Pedepennino padano dell'AGIP Mineraria (allegata a LUCCHETTI e altri, 1962), depositi quaternari marini con episodi continentali.

41) « Fluviale antico »

fl¹ — *Alluvioni ghiaiose, sabbiose, siltoso-argillose, fortemente alterate, con prodotti di alterazione di colore rossastro.*

Il Fluviale antico, cioè il Quaternario continentale più antico della zona, corrispondente ai pianalti alluvionali ed ai terrazzi più elevati, è ampiamente sviluppato nelle colline che fanno corona attorno a Voghera.

Si tratta di alluvioni ghiaiose, sabbiose, siltoso-argillose, fortemente alterate in superficie, con prodotti di alterazione di color rossastro, più o meno corrispondenti al « Ferretto ».

Esse sono terrazzate dai corsi d'acqua T. Tidone (sopra Castelnuovo), T. Coppa e T. Schizzola, T. Staffora (a W di Godiasco), T. Curone; sfumano viceversa (e il limite diventa incerto) nelle alluvioni più recenti verso la pianura.

Lembi isolati e molto ridotti si hanno lungo le valli principali. Non sono in questo foglio distinte, alla base del Fluviale antico, le alternanze di ghiaie e argille corrispondenti al Villafranchiano Auctorum p.p., cartografate invece nei Fogli 69 « Asti » e 70 « Alessandria ».

42) « Fluviale medio »

fl² — *Alluvioni prevalentemente sabbioso-siltoso-argillose, con prodotti di alterazione di colore giallastro.*

Il Fluviale medio, costituito dalle alluvioni prevalentemente sabbioso-siltoso-argillose, con alterazione superficiale di colore giallastro, corrispondente ai pianalti alluvionali ed ai terrazzi intermedi, appare ampiamente sviluppato lungo la fascia pedemontana da Casalnoceto a Rivanazzano, a Retorbido, a Codevilla, a Genestrello; si ritrova lungo il T. Tidone a

Castelnuovo. Verso la pianura (verso il Po) sfuma, con limite incerto, nelle alluvioni più recenti. Ben terrazzato si continua lungo il T. Staffora da Salice a Godiasco.

Lungo il T. Curone terrazzi corrispondenti a questo sistema si hanno a monte (a E) di S. Sebastiano Curone sin quasi a Fabbrica Curone. Altri lembi si hanno in Val Borbera nella zona di Torre dei Ratti; lembi minori esistono anche lungo altre valli.

43) « Fluviale recente »

fl³ — *Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose con modesta alterazione superficiale.*

Il Fluviale recente, rappresentato dalle alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose con modesta alterazione superficiale, costituenti i pianalti alluvionali e i terrazzi inferiori, è ampiamente sviluppato a E e a S di Voghera, dove sfuma a monte nel Fluviale medio e a valle nell'a¹ - fl³. Esso s'insinua però decisamente nelle valli dei torrenti Curone e Staffora, dove appare nettamente terrazzato, raggiungendo Fabbrica Curone in Val Curone e oltrepassando Bagnaria in Valle Staffora. Nettamente terrazzato è presente anche in Val Borbera nella zona di Torre dei Ratti, in Val Tidone a E di Pianello Val Tidone e in Val Trebbia.

Non altrettanto terrazzato riappare più a monte lungo la Val Borbera.

Non terrazzato si insinua anche nella valle del T. Spinti e in Val Coppa.

44) « Alluvioni postglaciali e del Fluviale recente indistinte »

a¹ - fl³ — *Alluvioni prevalentemente argillose della superficie principale della pianura a S del Po, attribuibili in parte alle Alluvioni post-glaciali (a¹), in parte al Fluviale recente (fl³).*

La pianura a N della fascia indicata come Fluviale recente verosimilmente non è più unitaria dal punto di vista del momento della sua

formazione. Localmente affiorano in superficie le alluvioni del Fluviale recente, ma altrove queste sono state ricoperte da alluvioni più recenti; nell'impossibilità o nella difficoltà di delimitare le aree occupate dalle singole alluvioni, si è ritenuto opportuno indicare i depositi fluviali di queste zone, che sono prevalentemente argillosi, come a^1 - fl^3 . Essi sono presenti essenzialmente nella zona di Voghera e in Val Tidone.

45) « Alluvioni postglaciali »

a^{2-1} — *Alluvioni postglaciali.*

Sono state indicate con questa sigla, lungo i principali corsi d'acqua, le alluvioni dei terrazzetti più bassi o dei fondovalle stabilizzati. Esse sono essenzialmente ghiaiose.

46) « Alluvioni attuali degli alvei attivi dei corsi d'acqua »

a^3 — *Alluvioni attuali degli alvei attivi dei corsi d'acqua.*

V — TETTONICA

(cfr. schema tettonico allegato)

Sembra opportuno, in un rapido esame della tettonica dell'area compresa entro il Foglio 71 « Voghera », prendere le mosse dall'angolo di SE del foglio stesso, dove affiorano gli elementi tettonicamente più profondi. Qui infatti, nella bassa Val d'Aveto e in Val Trebbia da Lencino a Piancasale, affiorano, da S a N:

Formazione di Val d'Aveto (Langhiano)	{	membro delle Arenarie dell'Aveto
	}	membro delle Argilliti di Ruffinati

Complesso di Sanguineto
(Miocene prelanghiano-Langhiano)

Formazione di Bobbio (Langhiano)	{	membro delle Argilliti di Brugnello
		membro delle Arenarie di S. Salvatore
		membro delle Argilliti di Peli

Complesso di Coli
(Langhiano ?)

Questi terreni sembrerebbero, nel loro complesso, costituire un motivo anticlinalico, fagliato longitudinalmente, con nucleo nel Complesso di Sanguineto e con ala settentrionale almeno in parte ribaltata (v. profilo I-1). Dubbia è la posizione del Complesso di Coli che potrebbe trovarsi stratigraficamente a tetto della Formazione di Bobbio (e in particolare delle Argilliti di Peli) oppure corrispondere al Complesso di Sanguineto, costituente il nucleo della struttura, scivolato verso N.

Gli affioramenti di questi terreni sono sormontati da masse potenti (M. Penice, Bric della Forca, M. Sgazzone) o da lembi limitati e discontinui della

Formazione di Monte Penice { membro dell'« alberese » del Penice
(*Eocene medio-Paleocene*) } membro del « calcare e argilla » di S. Maria

La sovrapposizione appare tettonica con formazione di un ampio ricoprimento (v. profilo I-I).

I terreni delle unità precedenti sono ricoperti dalle Argille a palombini di Barberino (coi loro inclusi) e poi dalle Arenarie di Scabiazza; però, mentre a SW la successione fra questi ultimi due termini appare normale, gli strati essendo essenzialmente diritti, a NE è probabile l'esistenza di un disturbo tettonico, risultando gli strati delle Argille a palombini per lo più ribaltati.

A SW è inoltre presente una duplicazione della serie, verosimilmente determinata da un sovrascorrimento. Secondo REUTTER (1968) si tratta anche di due unità diverse, l'una (la più nord-orientale) l'« Orocco-Caio-Einheit », l'altra, la « Ligurische Ophiolith-Einheit ». In tal caso la fascia più occidentale di Argille a palombini di Barberino dovrebbe essere interpretata come la continuazione delle Argille a palombini di Monte Veri; la fascia più orientale (quella delle Arenarie di Scabiazza) dovrebbe essere interpretata come base dei Calcari di Monte Antola. Il che non è inverosimile.

Procedendo dalle predette unità verso SW e verso NE, si presenta il problema dei rapporti fra i terreni citati con i Calcari di Monte Antola (Paleocene-Turoniano) da una parte e con i Calcari di Monte Cassio (Paleocene?-Turoniano) dall'altra. Come molto simili sono i terreni che stanno alla loro base, simili sono i terreni che costituiscono le due formazioni e simili sono i loro rapporti con i termini sottostanti; non è facile definire la natura di tali rapporti perché le anomalie di contatto sono frequentissime, se non la regola, ma non si può dire se hanno valore locale o di accavallamenti di unità.

A E di M. Lesima è evidente un accavallamento della zolla occidentale con Argilliti di Montoggio (?) e Calcari di Monte Antola su quella orientale, pure formata da Calcari di Monte Antola.

A N un grosso disturbo tettonico (v. profilo III-III) accavalla la zolla sud-occidentale, formata da Calcari di Monte Cassio e dal loro substrato, sopra una zolla nord-orientale, costituita dalla Formazione di Val Luretta e localmente da Marne di Monte Piano o Arenarie di Ranzano; fra le due zolle viene a formarsi, per la tettonizzazione dei terreni, un'ampia fascia di « Caotico ». Tale accavallamento si può seguire in direzione NW dalla Val Trebbia alla Val Tidone. In corrispondenza di questa valle esso subisce un arretramento verso SW di circa 5 km.

A W della Val Tidone i rapporti si fanno più complessi, la fascia di « Caotico » più ampia ed irregolare, inglobando o ricoprendo terreni anche del Serravalliano, determinando il netto ricoprimento di « Caotico » sulle Marne di Monte Piano di Molgheto. Ciò è verosimilmente in relazione colla torsione che tutte le strutture sembrano presentare in questa zona. Sulla continuazione settentrionale dell'orlo di ricoprimento si trova la frattura, sempre a direzione SE-NW, che nel Foglio 59 « Pavia » pone in contatto terreni più recenti a SW e terreni più antichi a NE.

I rapporti fra Calcari di Monte Antola, Calcari di Monte Cassio, Calcari di Zebedassi e Formazione di Val Luretta non sono mai direttamente visibili perché ricoperti da terreni più recenti trasgressivi o da terreni più antichi messi in posto tettonicamente.

Nella zona di Roccaforte Ligure (presso il margine sud-occidentale del foglio) è presente una tettonica abbastanza complicata (che si continua poi nei contigui Fogli 70 « Alessandria », 82 « Genova » e 83 « Rapallo ») alla quale corrisponde un cambiamento di direzione dei Calcari di Monte Antola, delle Argilliti di Pagliaro e dei Conglomerati di Savignone.

Un altro elemento tettonico molto importante che si sviluppa nel Foglio 71 « Voghera », provenendo dal Foglio 70 « Alessandria », è la *linea Villalvernia-Varzi* (BONI, 1961) che separa l'estrema propaggine orientale del bacino terziario del Piemonte dall'Appennino tortonese-pavese, caratterizzato, il primo, da particolari aspetti stratigrafici e, tettonica-

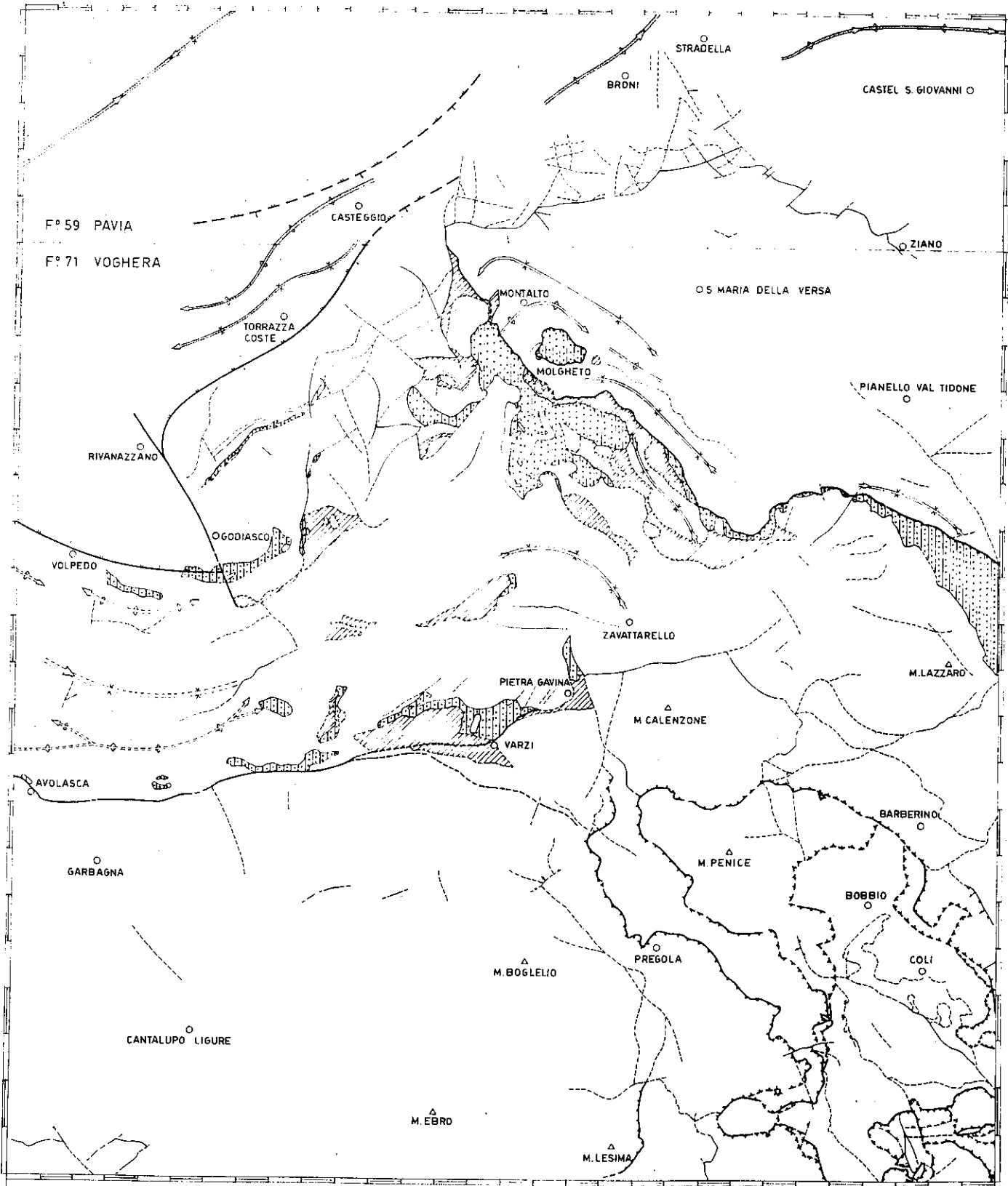
mente, dalla relativa tranquillità di giacitura [essendo risultato inesistente il ricoprimento voluto dall'AGIP-Mineraria (MERLA, 1957)]. La suddetta linea ha appunto il carattere di limite tra due zone diversamente dislocate, sia come direzione, sia come entità. A S della linea in questione i terreni oligo-miocenici hanno, sino al Curone, immersione essenzialmente verso NW e sono più o meno nettamente troncati dalla linea stessa; fra il Curone e la Staffora essi formano una blanda conca avente al nucleo le Marne di Cessole. Solo nella zona di Monteforte i terreni oligo-miocenici appaiono intensamente deformati ed implicati in una ristretta sinclinale, con nucleo in Marne di Rigoroso, avente ala settentrionale ribaltata.

A N della predetta linea, che presso Varzi diventa incerta e si suddivide, un ramo proseguendo verso Pietra Gavina, si ha una particolare tettonica caratterizzata, fra il margine occidentale e la Staffora, da due blande anticlinali, prosecuzione di quelle dello sperone di Tortona (v. Foglio 70 « Alessandria »), con giochi e contorsioni assiali, che portano ad affiorare i Calcari di Zebedassi e, localmente, anche il loro substrato; queste anticlinali risultano separate da una sinclinale avente al nucleo Arenarie di Ranzano, Marne di Antognola e Marne di Monte Lumello.

In prossimità della linea Villavernia-Varzi, in mezzo alle Marne di Antognola, affiorano però lembi di « Caotico », visibilmente radicati, che stanno ad indicare delle « rughe » particolari di tipo diapiroide.

A E della Staffora la tettonica diviene più tormentata per il generalizzarsi del tipo strutturale testè descritto: queste « rughe » appaiono molto irregolari nel loro andamento, con evidenti contorsioni planimetriche.

Particolare interesse ha, fra queste « rughe », quella di Buscafà, in quanto accompagnata da un certo accavallamento della zolla meridionale su quella settentrionale (v. profilo IIa-IIa). L'AGIP-Mineraria ha voluto vedere in essa la manifestazione del ricoprimento di una serie alloctona con « Marne di Antognola » (Oligocene superiore-Miocene inferiore) e « Argille indifferenziate » su una autoctona o di alloctonia tardiva (pliocenico-quaternaria) con Burdigaliano, Elveziano, Tortoniano, ecc.



TETTONICA DI SUPERFICIE		FAGLIA MINORE E CONTATTO TETTONICO DI NATURA IMPRECISATA E LORO PROBABILE PROSECUZIONE	TETTONICA SEPOLTA DATI AGIP MINERARIA		FAGLIA E SUA PROBABILE PROSECUZIONE: I TRATTINI INDICANO LA PARTE RIBASSATA, LE FRECCE L'IMMERSIONE
		FAGLIA E SUA PROBABILE PROSECUZIONE: I TRATTINI INDICANO LA PARTE RIBASSATA, LE FRECCE L'IMMERSIONE			ASSE DI ANTICLINALE
		SOVRASCORRIMENTO: I TRATTINI INDICANO LA PARTE SOVRASCORSA			ASSE DI SINCLINALE
		ASSE DI ANTICLINALE E SUA PROBABILE PROSECUZIONE			AFFIORAMENTI DI "CAOTICO", (1)
		ASSE DI SINCLINALE E SUA PROBABILE PROSECUZIONE			AFFIORAMENTI DI "INDIFFERENZIATO", (2)
	LINEA VILLALVERNIA - VARZI			0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 KM	

SCHEMA TETTONICO DEI FOGLI VOGHERA E PAVIA p.p.

Appaiono in questo estremo nord-occidentale dell'Appennino settentrionale due direttrici trasversali a direzione S-N, l'una dal Monte Calcina alla Val Schizzola con torsione verso NE delle strutture, l'altra da Calvignano a Torricella Verzate (Foglio 59 « Pavia ») con avanzamento verso N della zolla orientale.

Nell'angolo nord-orientale del foglio prevale in superficie la Formazione di Val Luretta, entro la quale, anche per le modalità di affioramento, non è facile riconoscere chiare linee strutturali. Ciò diventa possibile e relativamente facile solo dove alla suddetta formazione si sovrappongono le Marne di Monte Piano e le Arenarie di Ranzano, le quali corrispondono a strutture sinclinaliche più o meno deformate, aventi la tipica direzione appenninica (NW-SE).

Quanto alla tettonica sepolta — i cui dati sono stati gentilmente forniti dall'AGIP-Mineraria — essa è, almeno in parte, la prosecuzione di quella del Foglio 59 « Pavia ». Una faglia con immersione verso la collina e zolla ribassata verso la pianura (faglia inversa) corre dalla zona di Casteggio (Foglio 59 « Pavia ») a Retorbido: qui piega decisamente a S, fondendosi con una faglia verticale (?) lungo la Val Staffora da Rivanazzano a Godiasco; da questa faglia se ne stacca un'altra da San Desiderio a Volpeglino con immersione e zolla ribassata verso la pianura (faglia diretta).

Nella zona di Torrazza Coste-Codevilla si sviluppa una sinclinale con depressione assiale a SW; più a NW si ha la prosecuzione dell'anticlinale, pure con depressione assiale a SW, continuazione di quella del campo gassifero di Casteggio (Foglio 59 « Pavia »).

I profili dell'AGIP-Mineraria (vedi profilo II-II) mettono in chiara evidenza la forte flessura, accentuata da faglia inversa (struttura a ginocchio) o da faglia diretta lungo il margine appenninico e il suo particolare andamento coll'arretramento da Rivanazzano a Godiasco.

Molto interessante a questo proposito è il pozzo Volpedo -1 (profondità 2664 m), che a 2160 m dalla superficie trova, al di sotto dell'Eocene, un Miocene probabile. Sembra molto verosimile l'esistenza anche qui di una struttura « a ginocchio ».

VI — GEOMORFOLOGIA

L'area del Foglio 71 « Voghera » può essere suddivisa in un certo numero di zone differenti fra loro come morfologia. Le differenze morfologiche che si possono riscontrare sono da imputarsi ai processi modellatori (erosione, deposizione), alla natura litologica, all'assetto tettonico ed all'evoluzione ciclica del modellamento.

Nell'angolo di NW del foglio, a S di Voghera, si ha un lembo della pianura transpadana che si insinua nelle valli dei due maggiori corsi d'acqua: il T. Staffora e il T. Curone. Analogo lembo, ma più ridotto, si ha nell'angolo di NE; esso si insinua nella valle del Tidone. Esistono poi più o meno ampi fondovalli, terrazzati o no, in corrispondenza anche degli altri corsi d'acqua maggiori: il T. Versa, il T. Scuropasso, il T. Coppa, il F. Trebbia, il T. Bue, il T. Borbera e il T. Spinti; particolarmente ampio e terrazzato quello del Borbera nella zona di Torre de' Ratti.

Un'altra zona morfologica è rappresentata dalle colline marginali, costituite essenzialmente da terreni mio-pliocenici con copertura quaternaria continentale; in essa il rilievo s'innalza abbastanza rapidamente sino a quote sui 500 m; già si fa sentire l'influsso della natura litologica e della struttura: dove affiorano terreni più resistenti o più permeabili (Conglomerati di Cassano Spinola) si formano dossi rilevati che maggiormente s'innalzano dove gli strati hanno inclinazione maggiore (Madonna del Monte di Godiasco).

All'interno (a SW) di questa fascia perimetrale si ha una più vasta zona in cui la quota media rimane costante. Le « rughe » descritte nella tettonica, portando in superficie terreni più degradabili, hanno di solito un risalto morfologico negativo (tipica la ruga di Buscafà).

Dove gli strati hanno inclinazione maggiore le forme si fanno più marcate, dove essi sono più pianeggianti la morfologia si fa più dolce (conca dell'alta valle del Rile di Retorbido in Conglomerati di Cassano Spinola). Lembi di Arenarie di Serravalle più resistenti determinano rilievi più accentuati (ad es. Monte Calcinera). La morfologia è naturalmente più tormentata nel quarto quadrante, dove più vari sono i terreni e le loro condizioni di giacitura, che non nel primo, dove prevale in superficie la Formazione di Val Luretta, piuttosto monotona.

Una nuova zona morfologica con quota media più elevata si ha in corrispondenza delle placche arenacee del Penola-Vallassa e di Pizzocorno-Pietragavina e di quella di Castagnola: quest'ultima però, nonostante la sua posizione più interna, ha quota media inferiore alle precedenti per la natura più erodibile delle formazioni che la costituiscono (dal basso all'alto: Marne di Rigoroso, Formazione di Castagnola, Marne di Cessole) in tutte e tre queste placche è evidente l'influsso della struttura a conca, che sposta marginalmente i rilievi più marcati.

Un deciso salto morfologico si ha ora all'interno e cioè verso il settore SE del foglio. Esso corrisponde all'affiorare dei Calcari di Monte Antola, che raggiungono rapidamente quote sui 1500 m (M. Giarolo, M. Boglelio) e arrivano ai 1724 di Monte Lesima, e della Formazione di Monte Penice (che tocca al M. Penice i 1460 m) e dei Calcari di M. Cassio (che al Monte d'Alpe raggiungono 1253 m di quota). Naturalmente le fasce di « Argille a palombini » e di Arenarie di Scabiazza, che corrono fra le placche di « alberese », corrispondono a zone meno rilevate, dalla morfologia minuta più tormentata per la presenza, soprattutto nelle « Argille a palombini », di inclusi più resistenti (ofioliti, calcari, ecc.); di particolare risalto i rilievi corrispondenti alle maggiori masse di ofioliti.

Nell'angolo di SE del foglio l'affiorare della Formazione di Val d'Aveto, del Complesso di Sanguinetto, della Formazione di Bobbio, del Complesso di Coli, corrisponde a rilievi meno accentuati e solo il loro ricoprimento da parte della Formazione del Penice o dell'« ofiolitifero » riporta a quote notevoli.

Molto interessante è il reticolato idrografico impostato sull'area com-

presa entro il Foglio « Voghera ». Un grosso corso d'acqua, il F. Trebbia, ha andamento conseguente rispetto al degradare generale dell'Appennino settentrionale verso NE. Esso comunque si adatta, a monte di Ponte Organasco, al contatto fra « argilloscisti » e Calcari di Monte Antola; altrettanto fa il suo affluente di sinistra T. Avagnone; interessante è la posizione dell'affluente di destra, T. Aveto, impostato entro la Formazione di Val d'Aveto.

Il T. Tidone, da Nibbiano fino alla pianura, ha uno stesso andamento, ma a monte di Nibbiano si suddivide in due rami (Tidone e Tidoncello) che assumono un andamento del tutto caratteristico con tratti a direzione SW-NE e tratti a direzione SE-NW.

Lungo il versante padano da Stradella a Tortona, si susseguono corsi d'acqua (T. Coppa, T. Staffora, T. Curone, T. Grue, T. Scrivia) conseguenti rispetto a questo tratto del versante dell'Appennino settentrionale.

In essi e nei loro affluenti è però evidente la presenza di tratti a direzione SW-NE, cioè corrispondenti all'immersione del versante appenninico a SE di Stradella. Del tutto caratteristico è l'andamento « parallelo » del T. Staffora e del T. Curone.

Grossi affluenti ad andamento SW-NE sono il T. Ardivestra e il T. Nizza (affluenti del T. Staffora), il T. Borbera e il T. Spinti (affluenti del T. Scrivia); per questi due ultimi è però significativo il fatto che il loro tratto iniziale (a monte di Cantalupo Ligure per il T. Borbera, a monte di Grondona per il T. Spinti) ha di nuovo direzione SE-NW.

In parte gli affluenti a direzione NE-SW di corsi d'acqua a direzione generale SE-NW si possono considerare come susseguenti, in quanto impostati su formazioni più tenere entro una serie stratigrafica (T. Spinti, T. Borbera) o portate in superficie da rughe (T. Ardivestra, T. Nizza).

Tratti e affluenti a direzione SE-NW di corsi d'acqua a direzione generale SW-NE sembrano da riportarsi a fenomeni da cattura (T. Borbera a monte di Cantalupo Ligure, T. Tidone a monte di Le Moline e T. Tidoncello a monte di Nibbiano).

Nel caso del T. Curone, e soprattutto del T. Staffora, non sembra

potersi parlare di vera cattura del tratto a monte; sembra più logico pensare ad un generico influsso sull'andamento di questi corsi d'acqua di quella deformazione che, favorendo lo sviluppo della direttrice idrografica SW-NE, ha permesso le catture predette.

Come particolare ricorderemo i bellissimi meandri incassati della Val Trebbia e subordinatamente della Val d'Aveto nelle zone di affioramento della Formazione di Bobbio e della Formazione di Val d'Aveto.

Il fenomeno di terrazzamento è ben evidente soprattutto in corrispondenza di alcune valli (T. Borbera presso Torre de' Ratti, T. Curone, T. Staffora). Si possono riconoscere i tre ordini principali di terrazzi (del Fluviale antico, del Fluviale medio, del Fluviale recente) talora però sdoppiati; essi hanno per lo più carattere poligenico, con affioramento, alla base delle scarpate, della roccia prequaternaria, e tendono a fondersi verso valle; sui pianalti collinari è infatti spesso difficile tracciare un limite tra i vari tipi di alluvioni

VII — GEOLOGIA APPLICATA

1) MINIERE E CAVE

Nell'ambito del foglio non sono noti giacimenti di minerali metallici di interesse economico. E' invece piuttosto diffusa l'attività estrattiva di materiali litoidi, coltivati a cielo aperto (cave l.s.).

In base alla loro principale utilizzazione pratica, questi materiali possono essere così suddivisi:

— *calcarei marnosi e marne calcaree per la produzione di calce idrauliche e cementi artificiali*: provengono o possono provenire dalla Formazione di Val Luretta (facies a dominante marnoso-calcareo) e, subordinatamente, dalla Formazione di Monte Penice (Membro dell'«alberese» del Penice) e dai Calcari di Zebedassi.

Esperimenti di utilizzazione di marne calcaree e calcari provenienti da altre formazioni (Calcari di Monte Cassio, Calcari di Monte Antola, Calcare a Calpionelle ligure ecc.) sono stati fatti in diverse località, ma con risultati mediocri o negativi.

I principali giacimenti in corso di sfruttamento si trovano in Val Tidone (Stadera, Nibbiano, Genepreto e Pradaglia); in passato furono intensamente coltivati quelli delle valli Scuropasso (Lirio), Ghiaia di Montalto (Molgheto) e Curone (Barca); potenziali restano i giacimenti di M. Penice e Bosco del Comune nel Bobbiese;

— *rocce silicee (cineriti) usate come correttivi per la produzione di cementi pozzolanici*: intercalate a guisa di banchi variamente potenti nelle Marne di Antognola, queste rocce vengono cavate in Valle Staffora (dintorni di Ponte Nizza) e in Val Schizzola (a sud di Barisonzo); in pas-

sato esse furono oggetto di estrazione anche in Valle del Rile (a sud di Retorbido). Ricerche di nuovi giacimenti sono in corso nell'alta Val Grue (a ovest di Garbagna);

— *gesso*: gli affioramenti di rocce gessose sono associati a quelli della formazione gessoso-solfifera nel basso Appennino vogherese. In linea di massima si tratta di masse lenticolari, male esposte e di dimensioni tali da non prestarsi a sfruttamenti in grande. Per qualche tempo è stata aperta una cava nei pressi di Mondondone (a sud del paese): ora è inattiva;

— *argille per la produzione di laterizi*: i tipi utilizzati a questo scopo provengono dal Fluviale recente (Rivanazzano e Voghera) o dai termini argillo-marnosi delle Arenarie di Ranzano (Valverde) o dalle Marne di Antognola (Bagnaria). Le caratteristiche merceologiche dei laterizi ottenuti dalla cottura di materiale ricavato da queste due ultime formazioni sono mediocri (tinta più chiara di quella tradizionale e presenza di chiazze nerastre).

Localmente, per l'impasto in mescolanza con le argille fluviali, possono venire utilizzate anche le Argille di Lugagnano;

— *rocce ornamentali*: fra i vari tipi litologici che costituiscono le formazioni affioranti nel foglio nessuno si presta ad essere sfruttato quale roccia ornamentale di particolare pregio. Malgrado ciò si può ricordare che in passato si è tentato di utilizzare — in scala locale — le miloniti granitiche (zona di Zebedassi) e le oficalciti (Gerbididi di Bobbio). Impieghi sempre locali hanno avuto alcuni banchi arenacei facilmente scolpibili, provenienti dalle Arenarie di Ranzano (Rocca d'Olgisio in Val Chiarone) e dal Membro delle Arenarie di S. Salvatore della Formazione di Bobbio (Val Trebbia);

— *pietre da conci*: numerosi tipi di roccia sono stati e sono tuttora utilizzati a questo scopo. Fra di essi meritano di essere ricordati le serpentiniti, il Calcare a Calpionelle ligure, gli interstrati calcarei delle «argille a palombini», i livelli calcarenitici e calcarei intercalati ai Calcari di Monte Cassio, ai Calcari di Monte Antola, ai Calcari di Zebedassi,

all'«alberese» del Penice e alla Formazione di Val Luretta. Locale impiego hanno avuto anche i banchi della Formazione di Bobbio, gli interstrati arenacei delle Arenarie di Scabiazza, delle Arenarie di Ranzano, delle Arenarie di Serravalle e delle Arenarie di M. Vallassa. Questi ultimi materiali presentano però un'accentuata tendenza alla gelività;

— *rocce per la produzione di pietrisco, pietrischetto stradale e inerti per calcestruzzi*: per far fronte alla crescente domanda di questi materiali sono state recentemente aperte numerose cave. I materiali prevalentemente sfruttati a questo scopo sono le ghiaie dei principali corsi d'acqua. I maggiori impianti di estrazione e frantumazione sono ubicati in Val Trebbia (Marsaglia e Bobbio), Val Tidone (Nibbiano e Trevozzo), Valle Staffora (Varzi e Godiasco).

Produzioni locali di pietrisco e pietrischetto per la formazione di massicciate e manti di usura stradali si hanno anche da alcune cave ubicate ai bordi di masse ofiolitiche (a S. Margherita Staffora, ai Sassi Neri, al Groppo, a Castelcanafurone e nella zona di Zebedassi) e, subordinatamente, in corrispondenza di alcuni affioramenti di Calcari di Monte Cassio (versante orientale di M. Aldone) e dei Conglomerati di Cassano Spinola (a SE di Torchi in Val Coppa);

— *rocce per usi particolari*: si citano a questo proposito i tentativi di utilizzare alcuni banchi di calcare criptocristallino dell'«alberese» del Penice e delle «argille a palombini» per ricavarne pietra litografica. Questi tentativi, fatti nelle zone di Menconico e nel Bobbiese, non hanno avuto seguito.

2) RICERCHE DI IDROCARBURI

Sono note da lungo tempo le manifestazioni superficiali di idrocarburi della bassa Valle Staffora (Salice T., Rivanazzano ecc.) e della Valle del Rile (Retorbido). Queste hanno richiamato l'attenzione dei ricercatori di idrocarburi sin dagli inizi del nostro secolo (VECCHIA, 1916). Nel quadro di queste ricerche e di quelle successive, giova ricordare che negli

anni precedenti la seconda guerra mondiale, sono stati perforati, nel basso Appennino vogherese, alcuni pozzi nelle zone di Rivanazzano-Retorbido (S.P.I.) e uno nella zona di Montalto (S. A. Montalto Petrol). In epoca più recente (1960) l'AGIP-Mineraria ha ripreso le ricerche nella zona, portando a termine 6 nuovi pozzi («Volpedo 1, 2 e 3», «Retorbido 1 e 2» e «Calvignano 1»).

I pozzi perforati ante guerra, spinti a profondità di poche centinaia di metri, si sono fermati quasi tutti nel Miocene ed hanno fornito modeste produzioni; quelli più recenti, spinti a maggiori profondità (2664 m per il Volpedo 1), hanno attraversato terreni più antichi sino a raggiungere il Complesso indifferenziato: nessuno di essi è però risultato produttivo.

Mentre le presenti note erano in preparazione si è avuto notizia di campagne di prospezioni geofisiche in corso nell'alta Valle Staffora e in Val Trebbia a monte di Bobbio.

3) IDROGEOLOGIA

1. Acque potabili

La consistenza e la distribuzione delle falde acquifere presenti nei terreni del Foglio «Voghera» sono estremamente varie. Ne consegue che alcune zone sono dotate di notevoli risorse idriche, mentre altre ne sono quasi sprovviste.

Prescindendo da quelle emunte artificialmente tramite pozzi, delle quali si dirà più avanti, le falde acquifere di maggior interesse pratico per le sorgenti sono contenute in alcune formazioni permeabili poggianti su un substrato impermeabile: Calcari di Monte Cassio, Calcari di Monte Antola, Arenarie di Monte Vallassa, Arenarie di Serravalle, Conglomerati di Cassano Spinola, Sabbie di Asti.

Da queste falde traggono alimento le principali sorgenti, abitualmente localizzate ai bordi degli affioramenti delle formazioni suddette, talora concentrate in corrispondenza di piani di faglia (sorgenti di contatto e sorgenti di faglia).

Tra gli esempi rappresentativi di questo tipo di sorgenti si possono ricordare quelle ubicate ai bordi delle « placche » calcareo-marnose di M. Lesima-Cima delle Scalette, di M. Calenzone, di M. Lazzaro, di M. Aldone e di quelle arenacee di M. Vallassa, di Pietra Gavina-Pizzocorno, di Gomo-Chiusani, ecc.

Occasionalmente, per la locale presenza di una coltre detritica o di movimenti franosi, le venute d'acqua possono risultare localizzate più a valle rispetto alle scaturigini primarie (sorgenti di detrito l.s. e sorgenti di frana).

Sorgenti di detrito vere e proprie sono invece quelle impostate sulle coltri detritiche che si estendono ai piedi delle più cospicue masse ofiolitiche (cfr. zone di Lago, Castelcanafurone, pendici di M. S. Agostino, M. Gavi, M. Pradegna e dintorni di Aregli in Val Trebbia; zone circostanti il Groppo e S. Margherita in Valle Staffora). Queste sorgenti forniscono acque poco dure, largamente sfruttate per l'approvvigionamento di centri abitati.

Per quanto concerne le falde acquifere profonde, sfruttate con pozzi, occorre precisare che esse sono presenti nel solo angolo di nord-ovest del foglio, dove cioè i depositi fluviali presentano il maggior sviluppo (antichi conoidi della Staffora e del Curone). I pozzi terebrati in questo settore sono relativamente numerosi: essi emungono acqua dalla falda freatica e, più frequentemente, da quelle artesiane sottostanti. Il numero e l'ubicazione stratigrafica delle falde artesiane varia, come dimostrano i pozzi più profondi, in rapporto alla distanza dal piede della collina: i pozzi ad essa più prossimi raggiungono i sedimenti marini, quelli più lontani si mantengono sempre nei depositi continentali (v. città di Voghera).

2. Acque minerali

Sotto questo profilo meritano di essere ricordate le acque del basso Appennino vogherese (Salice Terme, Rivanazzano e Retorbido) e del Bobbiese. Le prime, prelevate da sorgenti naturali e pozzi, sono da lungo tempo sfruttate a scopi terapeutici (Stabilimenti Termali di Salice e Rivanazzano); le seconde, già sfruttate negli anni 1910-1930 (Bagni di Pian-

casale), sono state successivamente trascurate e solo ora stanno per essere rivalorizzate.

In base al chimismo e ai circuiti di alimentazione le acque menzionate possono essere così suddivise:

— *acque salso-bromo-iodiche*: presentano un elevato grado di mineralizzazione, con residui fissi oscillanti fra un minimo di 23 ed un massimo di 104 g/l; sono generalmente associate a manifestazioni di idrocarburi gassosi (acque fossili?).

Acque di questo tipo sono state individuate nelle zone di Salice Terme, di S. Francesco e di Rivanazzano in Valle Staffora e nei pressi di Bobbio sulla riva destra del Trebbia.

A Salice Terme le acque erogate dal Pozzo Dellacà hanno rivelato la seguente mineralizzazione (analista BRAGAGNOLO, 1942):

Residuo fisso a 110°C = 104,2031 g/l			
Cloro	56,4017 g/l	Sodio	28,4517 g/l
Bromo	0,2115 »	Calcio	4,3020 »
Iodio	0,0317 »	Magnesio	1,6960 »
Ione bicarbonico	0,1521 »	Ammonio	0,0942 »
Silice	0,0382 »	Litio, Potassio	tracce
		Ferro, Manganese	»

Per quanto concerne le acque salso-bromo-iodiche di S. Francesco e Rivanazzano, non si hanno dati recenti. A titolo informativo si ricorda comunque che, nel 1882, PORRO, analizzando l'acqua di S. Francesco, ne riconobbe le seguenti caratteristiche:

Peso specifico (a 15°C) = 1,0179			
Sostanze minerali 25,100 g/l			
Cloro	15,1548 g/l	Sodio	9,1205 g/l
Bromo	0,0923 »	Potassio	0,1280 »
Iodio	0,0325 »	Calcio	0,3072 »
		Magnesio	0,2000 »

Le acque di Bobbio (sorgenti di Piancasale), analizzate da MENOZZI (1901), hanno dati i seguenti risultati (in g/l):

Residuo fisso	a 100°C . . .	40,51400
	a 160°C . . .	40,18200

Sodio	13,03490	Alluminio	0,01068
Potassio	0,50451	Ferro	0,00672
Litio	0,01215	Cloro	24,55147
Ammonio	0,12150	Bromo	0,02416
Calcio	1,99998	Iodio	0,02079
Stronzio	0,02947	Residuo solforico . . .	0,00350
Bario	0,07736	Residuo barico	0,01512
Magnesio	0,10502	Residuo silicico	0,04400

— *acque solfuree*: sgorgano abitualmente da terreni miocenici e presentano, a differenza delle precedenti, una più ampia distribuzione geografica. Fra le sorgenti di maggior interesse pratico vanno ricordate quelle di Monte Alfeo (dintorni di Salice Terme), S. Francesco (Nazzano), Retorbido e Bobbio (Sorgenti S. Martino e Pineta).

Circa il chimismo di queste acque si può osservare che esse, oltre all'idrogeno solforato, contengono sovente sali di magnesio (solfati di magnesio).

A titolo esemplificativo si riportano qui appresso i risultati dell'analisi chimica dell'acqua di Monte Alfeo, eseguita da BRAGAGNOLO nel 1955:

Cloro	0,6230 g/l	Sodio	0,3459 g/l
Iodio	0,0042 »	Potassio	0,0100 »
Ione solforico	1,2501 »	Ammonio	0,0080 »
Ione bicarbonico . . .	0,3541 »	Calcio	0,1504 »
Idrogeno solforato . .	88 cc/l	Magnesio	0,1252 »
Azoto	18,5 »	Anidride carbonica . .	32,4 cc/l

Si ricorda inoltre che modeste sorgenti di acque solfuree, a chimismo

leggermente diverso dalle precedenti, scaturiscono anche da terreni oligocenici (Montegioco in Val Grue) e cretacei (Giardinetto a est del Passo del Brallo). Manifestazioni minori di acque solfuree si hanno in molti altri punti del basso Appennino (Garlassolo, Mondondone, Diga di Trebecco, C. Gramonti nei pressi di Rocca d'Olgisio, ecc.).

3. Bacini artificiali

Ne esiste uno solo: quello sul Tidone all'altezza di Trebecco. Questa diga, ultimata nel 1928, è impostata sulle Arenarie di Ranzano, facenti parte di una locale struttura sinclinale. Dal punto di vista costruttivo si tratta di una diga a gravità ad archi multipli. Il bacino d'invaso aveva originariamente una capacità di 12,5 milioni di m³ (SEGRÈ, 1923); attualmente essa si è ridotta di ca. un terzo a causa del forte interrimento.

La diga in questione fu costruita con il duplice scopo di preservare acqua per l'irrigazione estiva e di produrre energia elettrica. A questo fine il bacino di Trebecco è stato integrato da una traversa ubicata più a valle (a Boccasutta), che serve alla raccolta delle acque di scarico delle turbine annesse alla diga (bacino di compensazione) e permette lo sfruttamento di un secondo salto (centrale di Pianello V.T.), prima di immettere le stesse nella rete di canali per l'irrigazione.

In tema di sbarramenti possono anche essere menzionati i lavori eseguiti negli anni 1930-1934 in Val Trebbia (a S. Salvatore) per le fondazioni di un'altra diga, che però non è mai stata ultimata. Anche questo secondo sbarramento doveva servire per produrre energia elettrica e fornire acqua per l'irrigazione.

Studi preliminari sono stati eseguiti (SEGRÈ, 1923) per la realizzazione di un altro bacino di ritenuta sul T. Tidoncello, ca. 1 km a valle di Pecorara.

4) FRANE

La presenza di formazioni di natura prevalentemente argillosa (Complesso caotico, « Argille a palombini », Complesso indifferenziato, ecc.) e

di numerose altre caratterizzate da abbondanti intercalazioni argillose e argillo-marnose (Arenarie di Scabiazza, Argilliti di Montoggio, Calcari di Zebedassi, Argilliti di Pagliaro, « calcare e argilla » di S. Maria, Formazione di Val Luretta, intercalazioni di « calcare e argilla » nel Complesso di Coli e nel Complesso di Sanguinetto, ecc.) rendono ragione della grande diffusione che le frane hanno nell'ambito del Foglio « Voghera ».

Queste, di entità e dimensioni molto varie, si manifestano con maggior frequenza in occasione di piogge prolungate (autunno e primavera): i danni derivanti alle colture, alla rete viaria e, talora, alle costruzioni sono assai rilevanti.

Ancor più numerosi, per quanto in genere meno imponenti (in relazione alla scala della carta ne sono stati mappati solo alcuni) sono poi i dissesti franosi che si verificano nelle coltri detritico-terrose d'alterazione, che raggiungono notevoli spessori al di sopra di alcune delle formazioni summenzionate (Arenarie di Scabiazza, Calcari di Zebedassi, Argilliti di Pagliaro, Formazione di Val Luretta, « calcare e argilla » di S. Maria, ecc.).

Circa le modalità con cui avvengono i movimenti, va precisato che spesso si tratta di frane concatenate, nel senso che il materiale franato, quando non raggiunge i fondi vallivi, si arresta abitualmente in condizioni di equilibrio instabile, provocando talora anche pericolosi sovraccarichi sul nuovo substrato d'appoggio: si creano così le premesse per ulteriori riprese dei movimenti (versanti cronicamente franosi).

All'avvio e, soprattutto, alla ripresa dei principali movimenti franosi concorre localmente, oltre la presenza di acque di impregnazione, lo scalzamento al piede operato dalla erosione dei torrenti: si confrontino al proposito alcune delle maggiori frane mappate lungo i versanti del T. Tidone e dei suoi affluenti (T. Chiarone, T. Tidoncello, T. Tidoncello-Merlingo e T. Morcione), quella di Lama lungo il T. Avagnone e quelle di C. Lagoscuro lungo la bassa Val d'Aveto, quelle del versante destro della Val Staffora tra Bagnaria e Varzi, quelle ubicate lungo la Val Ardivestra nella zona di Montesegale.

Allo scalzamento ad opera dei corsi d'acqua sono anche da impu-

tarsi locali fenomeni di scoscendimento che si verificano in corrispondenza delle formazioni relativamente più rigide (cfr. i pur sporadici distacchi che si verificano lungo le pareti di Arenarie di S. Salvatore o in argilliti del Complesso di Coli in Val Trebbia).

Scoscendimenti assai caratteristici, favoriti dall'azione del gelo e disgelo, interessano anche i fianchi di alcune masse ofiolitiche fittamente fessurate (M. S. Agostino, M. Tre Abati, Groppi di Lavezzola, M. Barberino, M. Pradegna e M. Pietra di Corvo).

Un cenno particolare meritano poi i dissesti franosi, talora assai rilevanti, che interessano i bordi di alcune « placche » permeabili modellate in formazioni calcareo-marnose o arenacee di per sè poco franose (Calcari di Monte Cassio, Calcari di Monte Antola, « alberese » del Penice, Arenarie di Ranzano, Arenarie di M. Vallassa, Arenarie di Serravalle e Conglomerati di Cassano Spinola), ma poggianti su di un substrato di natura prevalentemente argillosa. Tra queste « frane per ammolimento del substrato » si ricordano quelle verificatesi al margine orientale del rilievo di M. Aldone-M. Ciarello e sul versante occidentale di Poggio del Furlo in Val Chiarone; quelle del versante nord-occidentale di M. Mosso nel bacino del T. Merlingo, quelle di Tovazza e Valverde nell'alta Val Tidone e, infine, quella di Botassi nel bacino del T. Ghiaia di Montalto.

Data di presentazione del manoscritto: 1° dicembre 1970.

Ultime bozze restituite il: 7 settembre 1971.

VIII — BIBLIOGRAFIA

- ABBATE E., SAGRI M. (1967), *Suddivisioni litostratigrafiche nei calcari ad elmintoidi aucti. della placca dell'Ebro-Antola e correlazioni con terreni simili affioranti tra Voghera e Castelnuovo ne' Monti (Appennino Settentrionale)*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 6, fasc. 1, pp. 23-65, Pisa.
- ACC. NAZ. LINCEI - ENTE NAZ. IDROCARBURI (1959), *I giacimenti gassiferi dell'Europa occidentale*. Atti Conv. di Milano del 30 sett.-5 ott. 1957, Roma.
- ANELLI M. (1938), *Note stratigrafiche e tettoniche sull'Appennino di Piacenza*. « Atti e Mem. R. Acc. Sc., Lett., Arti Modena », s. V, vol. 3, pp. 3-37, Modena.
- ASCOLI P. (1956), *Microfaune della serie eocenica di Rio Repregoso e della serie oligocenica superiore di Mombisaggio-Mongariolo (Tortona-Alessandria)*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 62, pp. 153-196, Milano.
- ASCOLI P. (1957), *Microfauna del Tortoniano di Mombisaggio e della serie pliocenica di Volpeggino (Tortona-Alessandria)*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 63, fasc. 1, pp. 1-30, Milano.
- AZZAROLI A., CITA M. B. (1969), *Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia - Formazioni geologiche*. Fasc. 3, pp. 1-177, Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- BAILEY E. B., MC CALLIEN W. J. (1962-63), *Liguria Nappe: northern Apennines*. « Trans. Royal Soc. Edinburgh », vol. 64, fasc. 13, pp. 315-333, Edinburgo.
- BARATTA M. (1909), *Sulle condizioni idrologiche del territorio vogherese*. Tip. Ri-va-Zolla-Bellinzona, pp. 1-54, Voghera.
- BARBIERI F., MOSNA S. (1964), *Segnalazione di una microfacies comune nel Flysch dell'Appennino*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 16, pp. 12-16, Pavia.
- BEATRIZOTTI G., BONI A., VANOSI M. (1964), *Sulla posizione stratigrafica delle septarie nell'estremo nord-occidentale dell'Appennino e nelle colline di Casale*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 15, pp. 24-31, Pavia.
- BEHRMANN R. B. (1936), *Die Faltenbögen des Apennins und ihre paläogeographische Entwicklung*. « Abh. Ges. Wissens. zu Göttingen, Math. Physik. Kl. », vol. 3, fasc. 15, pp. 1-125, Berlino.
- BEHRMANN R. B. (1958), *Die Geotektonische Entwicklung des Apennin-Systems*. « Geotekt. Forsch. », vol. 12, fasc. 1-2 pp. 1-99, Stoccarda.
- BELLINZONA G., BONI A., BRAGA G., CASNEDI R., MARCHETTI G. (1968), *Carta geologica della «finestra» di Bobbio (Scala 1:50.000)*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 19, tav. I, Pavia.
- BERTONI E. (1943), *Su alcune corallinacee dell'Appennino Pavese*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 1, Pavia.
- BONATTI S. (1933), *Studio petrografico dei graniti della formazione ofiolitica appenninica*. « Boll. R. Uff. Geol. Ital. », vol. 58, fasc. 7, pp. 1-64, Roma.
- BONI A. (1932), *Il Miocene del M. Vallassa*. « Rend. R. Acc. Lincei », Cl. Sc., Fis., Mat. e Nat., s. VI, vol. 15, fasc. 12, pp. 981-986, Roma.
- BONI A. (1933), *Fossili miocenici del Monte Vallassa*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 52, fasc. 1, pp. 73-156, Roma.
- BONI A. (1935), *Studi statistici sulle popolazioni fossili, Chlamys scabrella Lam. msp. e Terebratula sinuosa Brocchi msp.* « Riv. Ital. Paleont. », suppl. anno XL, fasc. 1, pp. 1-275, Pavia.
- BONI A. (1943), *Osservazioni geologiche nell'Appennino pavese. I. Osservazioni stratigrafiche sul Neogene dell'Appennino vogherese*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 1, Pavia.
- BONI A. (1947), *I terremoti dell'Appennino Vogherese-Tortonese e la geologia della regione*. « Geofisica pura e applicata », vol. 10, fasc. 3-4, pp. 114-143, Milano.
- BONI A. (1949), *Ritrovamento di una brecciola a corallinacee nelle argille scagliose della zona di Montalto Pavese*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 3, pp. 83-90, Pavia.
- BONI A. (1957), *Elementi per la struttura geologica della porzione di NW dell'Appennino settentrionale*. « La Ricerca Scientifica », vol. 27, fasc. 10, pp. 2977-2987, Roma.
- BONI A. (1961/a), *Per la Geologia dell'Appennino settentrionale a W della linea La Spezia-Piacenza*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 12, pp. 63-196, Pavia.
- BONI A. (1961/b), *Messa a punto e considerazioni sul confronto stratigrafico fra i Flysch della Liguria occidentale e dell'Appennino settentrionale*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 80, fasc. 4, pp. 103-128, Roma.
- BONI A. (1962/a), *Il Paleogene del bacino terziario del Piemonte*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 3, pp. 263-274, Pavia.
- BONI A. (1962/b), *Considerazioni stratigrafiche e tettoniche sulla serie oligo-miocenica di Garbagna*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 3, pp. 315-323, Pavia.
- BONI A. (1962/c), *Il Paleogene nell'Appennino settentrionale ad Ovest della linea Sarzana-Piacenza*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 3, pp. 331-348, Pavia.
- BONI A. (1962/d), *L'orogenesi paleogenica nelle Prealpi lombarde, nel bacino del flysch della Liguria occidentale e nell'Appennino settentrionale*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 3, pp. 725-736, Pavia.
- BONI A. (1962/e), *Lignes et problèmes tectoniques du secteur nord-ouest de l'Apennin septentrional*. « Bull. Soc. Géol. France », s. VII, vol. 4, fasc. 5, pp. 644-656, Parigi.
- BONI A. (1963), *La ligne judicarienne et la limite nord-ouest de l'Apennin septentrional*. « Geol. Rundschau », vol. 53, pp. 84-99, Stoccarda.
- BONI A. (1967), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia: Foglio 59 - Pavia*. Serv. Geol. Italia, pp. 1-68, Roma.

- BONI A., BRAGA G., CONTI S., GELATI R., MARCHETTI G., PASSERI L.D. (1969), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 83 - Rapallo e Foglio 94 - Chiavari*. Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-89, Napoli.
- BONI A., BRAGA G., MARCHETTI G. (1963), *Segnalazione di calcari marnosi a Lucine a tetto del « Macigno » di Bobbio (Appennino settentrionale)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 83, fasc. 3, pp. 1-18, Roma.
- BONI A., BRAGA G., MARCHETTI G. (1968), *Nuovi dati sull'età della « Formazione di Bobbio » e della « Formazione di Val d'Aveto » (Appennino ligure-emiliano)*. « Rend. Ist. Lomb. », Cl. A, vol. 102, pp. 737-743, Milano.
- BONI A., BRAGA G., VANOSSI M. (1961), *Guida alle escursioni della 61ª adunanza estiva della Società Geologica Italiana*. Tipografia del Libro, pp. 1-190, Pavia.
- BONI A., CASNEDI R. (1970), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Fogli 69 e 70 Asti-Alessandria*. Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-64, Napoli.
- BORTOLOTTI V., SAGRI M., ABBATE E., PASSERINI P. (1969), *Geological Map of the Northern Apennines and adjoining Areas (Scale 1:500.000)*. Litografia Artistica Cartografica, Firenze.
- BRAGA G. (1957), *Segnalazione di scisti ad Aptici e di calcari del tipo Maiolica nell'Appennino di Piacenza*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 7, pp. 87-104, Pavia.
- BRAGA G. (1960), *Sull'età del calcare di Montù Berchielli (Appennino pavese)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 79, fasc. 3, pp. 1-16, Roma.
- BRAGA G. (1965), *Geologia delle Valli Nure e Perino (Appennino Piacentino)*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 17, pp. 1-48, Pavia.
- CAMERANA E., GALDI B. (1911), *I giacimenti petroliferi dell'Emilia*. « Mem. descr. Carta Geol. d'Italia », vol. 14, pp. 1-334, Roma.
- CONTI S. (1963), *Nuove osservazioni sulla preparazione della carta geologica della Liguria*. « Atti Ist. Geol. Univ. Genova », vol. 1, fasc. 1, pp. 1-94, Genova.
- CONTI S. (1964), *Rassegna casistica delle ofioliti. I - Petrogenesi e classificazione delle serpentiniti*. « Atti Ist. Geol. Univ. Genova », vol. 2, fasc. 1, pp. 1-95, Genova.
- CORTEMIGLIA G.C. (1966), *Osservazioni sulla Formazione degli Argilloscisti ad intercalazioni di calcari palombini e suoi corredi ofiolitici della zona di Cerignale (Val Trebbia)*. « Atti Ist. Geol. Univ. Genova », vol. 4, fasc. 1, pp. 43-108, Genova.
- DALLA CASA G., GHELARDONI R. (1967), *Note illustrative dei Fogli 84 « Pontremoli » e 85 « Castelnovo ne' Monti » della Carta Geologica d'Italia*. Servizio Geologico d'Italia, pp. 1-83, Roma.
- DECANDIA F.A., ELTER P. (1969), *Riflessioni sul problema delle ofioliti nell'Appennino settentrionale. (Nota preliminare)*. « Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. », s. A., vol. 76, fasc. 1, pp. 1-9, Pisa.
- DE ROSA E., GELATI R., MUTTI E. (1966), *Una nuova formazione terziaria dell'Appennino di Piacenza: la Formazione di Val Luretta*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 72, fasc. 2, pp. 369-395, Milano.
- DESIO A., VILLA F. (1960), *Stratigrafie dei pozzi per acqua della pianura padana*. Vol. I: Lombardia. Ist. Geol. Univ. Milano, pp. 1-369, Milano.
- DE STEFANI C. (1892), *Le pieghe dell'Appennino fra Genova e Firenze*. « Cosmos », s. II, vol. 11, fasc. 5-6, pp. 129-151, Milano.
- DI NAPOLI E. (1953), *Microfauna della parte superiore della serie oligocenica del Monte San Vito e del Rio Mazzapiedi-Castellania (Tortona-Alessandria)*. « Riv. Ital. Paleont. », Mem. VI, pp. 25-92, Milano.
- DONDI L. (1962), *Nota paleontologico-stratigrafica sul Pedepennino padano*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 1, fasc. 4, pp. 113-229, Roma.
- EBERHARDT P., FERRARA G., TONGIORGI E. (1962), *Détermination de l'âge des granites allochtones de l'Apennin septentrional*. « Bull. Soc. Géol. France », s. VII, vol. 4, fasc. 5, pp. 666-667, Parigi.
- ELTER P. (1960), *I lineamenti tettonici dell'Appennino a Nord Ovest delle Apuane*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 79, fasc. 2, pp. 273-312, Pisa.
- ELTER P., NARDI R. (1962), *Osservazioni sulla serie di Costa Merlassino presso Cantalupo Ligure (Alessandria)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 81, fasc. 3, pp. 381-385, Pisa.
- ELTER P., GRATZIU C., LABESSE B. (1964), *Sul significato dell'esistenza di una unità tettonica alloctona costituita da formazioni terziarie nell'Appennino settentrionale*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 83, fasc. 2, pp. 1-22, Pisa.
- ELTER G., ELTER P., STURANI C., WEIDMANN M. (1966), *Sur la prolongation du domain ligure de l'Apennin dans le Montserrat et les Alpes et sur l'origine de la Nappe de la Simme s.l. des Préalpes romandes et chablaisiennes*. « Bull. des Lab. de Géol., Géophys. et du Musée Géol. de l'Université de Lausanne », Bull. n. 167, pp. 279-376, Losanna.
- FORTI A. (1957), *Geologia e micropaleontologia dei dintorni di Montebello e Rocca Susella (Voghera)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 76, fasc. 1, pp. 24-27, Roma.
- GALLI M. (1956), *Studi petrografici sulle formazioni ofiolitiche dell'Appennino ligure*. « Periodico Mineral. », vol. 25, pp. 139-168, Pavia.
- GANDOLFI R. (1948), *La faglia della Staffora. Sue caratteristiche in rapporto al sistema di fratture del Vogherese*. « Rend. Acc. Naz. Lincei », Cl. di Sc. Fis., Mat. e Nat., s. VIII, vol. 5, fasc. 1-2, pp. 67-70, Roma.
- GHELARDONI R. (1965), *Osservazioni sulla tettonica trasversale dell'Appennino settentrionale*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 84, fasc. 3, pp. 277-290, Pisa.
- GIRELLI M. (1960), *Considerazioni stratigrafiche e micropaleontologiche preliminari sui banchi rossi nell'Appennino Tortonese-Pavese*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 79, fasc. 3, pp. 181-192, Roma.
- GIUSEPPETTI G. (1953), *Rocce e minerali della formazione ofiolitica di Volpedo (Oltrepò pavese)*. « Rend. Soc. Min. Ital. », vol. 9, pp. 1-52, Pavia.
- GIUSEPPETTI G. (1959), *Su alcune rocce granitoidi della formazione ofiolitica appenninica (Val Trebbia e Valle Staffora)*. « Studi e Ricerche Ist. Min. Univ. Pavia », vol. 1, pp. 1-27, Pavia.
- GÖRLER K., REUTTER K.J. (1963), *Die stratigraphische Einordnung der Ophiolite des Nordapennins*. « Geol. Rundschau », vol. 53, fasc. 1, pp. 358-375, Stoccarda.

- HAAF (TEN) E. (1958), *Les directions d'apport dans le flysch arénacé des Apennins*. « Ecl. Geol. Helv. », vol. 51, fasc. 3, pp. 977-984, Basilea.
- HAAF (TEN) E. (1959), *Graded beds of the northern Apennines*. Proefschrift, Rijksuniversiteit te Groningen, pp. 1-102, Groninga.
- HAAF (TEN) E. (1961/a), *Différenciation tectonique des sédiments dans l'Apennin ligure*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 80, fasc. 3, pp. 87-94, Roma.
- HAAF (TEN) E. (1961/b), *La structure de la fenêtre de Bobbio*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 80, fasc. 3, pp. 95-100, Roma.
- HAAF (TEN) E. (1964), *Flysch Formations of the northern Apennines*. « Dev. in Sedimentology », n. 3, *Turbidites*, pp. 126-136, Elsevier Publ. Co., Amsterdam.
- HEIDE (VAN DER) S. (1942), *De Geologie van het gebied tusschen Scrivia en Staffora, ten N. van de lijn: Isola del Cantone - Monte Giarolo - Santa Margherita di Bobbio*. « Leidsche Geol. Med. », vol. 12, fasc. 1, pp. 90-170, Leida.
- IBBEKEN H. (1962), *Stratigraphie und Tektonik des nördlichen Abschnitts der Zone Sestri-Voltaggio und des angrenzenden Gebietes bis zum oberen Scrivia Tal (Prov. Alessandria und Genua)*. Diss. Freien Univ. Berlin, pp. 1-116, Berlino.
- IBBEKEN H. (1965), *Antola-Alberese und Kreide-Tertiär-Grenze zwischen Borbera und Staffora (Prov. Alessandria, Italien)*. Max Richter-Festschrift, pp. 83-95, Clausthal-Zellerfeld.
- IBBEKEN H. (1968), *Die Merlassino-Diskordanz (Prov. Alessandria, Italien) als Beispiel einer durch Olisthostrome vorgeläuschten Konkordanz*. « Atti Ist. Geol. Univ. Genova », vol. 5, fasc. 1, pp. 21-36, Genova.
- IBBEKEN H., REUTTER K. J. (1967), *Zum Problem der intramontanen Oligozänmolassen im Nordapennin*. « Ecl. Geol. Helv. », vol. 60, fasc. 1, pp. 93-108, Basilea.
- KUBE W. (1965), *Stratigraphie und Tektonik des Aveto Tales im Hinblick auf den Bauplan des Nord-Apennins*. Inaugural Dissertation Math., Nat., Fakultät der Freien Universität, pp. 1-90, Berlino.
- LABESSE B. (1962), *Sur les ophiolites et les brèches associées dans l'Apennin septentrional*. « Bull. Soc. Géol. France », s. VII, vol. 4, fasc. 6, pp. 867-870, Parigi.
- LABESSE B. (1963), *Tectonique de la région de Bobbio (Apennin septentrional, Italie)*. « Bull. Soc. Géol. France », s. VII, vol. 5, fasc. 3, pp. 287-293, Parigi.
- LABESSE B. (1966), *Étude des terrains éocènes et oligocènes du bassin liguro-piémontais dans la région de San Sebastiano Curone-Varzi (Apennin septentrional)*. « Bull. Soc. Géol. France », s. VII, vol. 8, fasc. 7, pp. 954-966, Parigi.
- LABESSE B., MAGNÉ J. (1963), *Nouvelles données stratigraphiques sur la région de Bobbio (Apennin septentrional, Italie)*. « Bull. Soc. Géol. France », s. VII, vol. 5, fasc. 1, pp. 165-172, Parigi.
- LABESSE B., MAGNÉ J. (1967), *Existence du Sénonien inférieur dans l'« Alberese » de l'anticlinal de Barca (Val Curone-Tortonese, Italie)*. « C.R.S. Soc. Géol. France », fasc. 6, pp. 235-236, Parigi.
- LUCCHETTI L., ALBERTELLI L., MAZZEI R., THIEME R., BONGIORNI D., DONDI L. (1962), *Contributo alle conoscenze geologiche del Pedepennino padano. Con carta geologica 1:100.000*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 81, fasc. 4, pp. 5-245, Roma.
- LUDWIG O. (1929), *Geologische Untersuchungen in der Gegend von Bobbio im Nord-apennin*. « Geol. Rundschau », vol. 20, fasc. 1, pp. 36-66, Berlino.
- MARIANI E. (1887), *Descrizione dei terreni miocenici fra la Scrivia e la Staffora*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 5, pp. 1-41, Roma.
- MAXWELL J. C. (1964), *Structural Geology of the Ottone area, Piacenza and Genova*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 4, fasc. 1, pp. 69-92, Bologna.
- MERLA G. (1933), *I graniti della formazione ofiolitica appenninica*. « Boll. R. Uff. Geol. Ital. », vol. 58, fasc. 6, pp. 1-115, Roma.
- MERLA G. (1952), *Geologia dell'Appennino settentrionale*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 70, fasc. 1, pp. 96-382, Roma.
- MERLA G. (1957), *Essay on the Geology of the Northern Apennines, with a Geological Map 1:1.000.000*. « Atti del Convegno di Milano su "I giacimenti gassiferi dell'Europa occidentale" indetto dall'Acc. Naz. dei Lincei e dall'ENI », vol. 2, pp. 629-651, Roma.
- MERLA G. (1964), *Centro di Studio per la Geologia dell'Appennino. I Sezione - Firenze. Attività svolta nel periodo 1951-1963*. Supplemento de « La Ricerca Scientifica », anno 34, vol. 3, n. 3, pp. 107-126, Roma.
- MERLA G., SCARSELLA F., SELLI R., TREVISAN L., MAXWELL J. C. (1964), *Italy guide-book*. A.G.I., pp. 1-112, Washington.
- MEZZETTI R., OLIVIERI R. (1964), *Intercalazioni cineritiche di età oligocenica e miocenica nell'Appennino centro-settentrionale. Osservazioni sedimentologiche, petrografiche e microstratigrafiche*. « Min. Petr. Acta », vol. 10, pp. 129-147, Bologna.
- MUTTI E. (1960/a), *Particolare tipo di struttura sedimentaria del Macigno della Val Trebbia (prov. di Piacenza)*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 66, fasc. 2, pp. 237-240, Milano.
- MUTTI E. (1960/b), *Brevi considerazioni sulla tettonica del Macigno di Bobbio (Appennino Piacentino)*. « Rend. Acc. Naz. Lincei », Cl. di Sc. Fis., Mat. e Nat., s. VIII, vol. 23, fasc. 1, pp. 69-72, Roma.
- MUTTI E. (1961), *Sul possibile significato stratigrafico del Macigno della Val Trebbia (Appennino piacentino)*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 67, fasc. 1, pp. 3-16, Milano.
- MUTTI E. (1963), *Confronto fra le direzioni d'apporto dei clastici entro il Macigno e il « Tongriano » dell'Appennino di Piacenza*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 69, fasc. 2, pp. 235-258, Milano.
- MUTTI E. (1964), *Schema paleogeografico del Paleogene dell'Appennino di Piacenza*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 18, fasc. 4, pp. 869-885, Milano.
- MUTTI E., DE ROSA E. (1968), *Caratteri sedimentologici delle Arenarie di Ranzano e della Formazione di Val Luretta nel basso Appennino di Piacenza*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 74, fasc. 1, pp. 71-120, Milano.
- MUTTI E., DE ROSA E., SACCANI G. (1965), *Paleocorrenti e caratteri sedimentologici delle Arenarie di Ranzano tra la Val Tidone e la Val Taro (Appennino settentrionale)*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 71, fasc. 2, pp. 565-602, Milano.

- MUTTI E., PASQUARÉ G. (1962), *Osservazioni preliminari sui fenomeni magmatici connessi a manifestazioni ofiolitiche del Cretacico superiore nell'Appennino di Piacenza*. « Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lett. », Cl. A, vol. 96, pp. 88-97, Milano.
- NEVIANI A. (1923), *Resoconto del XXXVI Congresso geologico italiano in Piacenza*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 42, fasc. 1, pp. LXV-CLXXX, Roma.
- PANNELLA G., PIZZOCHERO M. L. (1962), *Considerazioni su alcune microfaune dell'« argilla » del Bobbiese*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 3, pp. 365-376, Pavia.
- PAPANI G., ZANZUCCHI G. (1969/a), *Nuove unità litostratigrafiche dell'Appennino emiliano: I - Il Flysch di Monte Cassio*. « L'Ateneo Parmense - Acta Naturalia », vol. 5, fasc. 1, pp. 5-18, Parma.
- PAPANI G., ZANZUCCHI G. (1969/b), *Nuove unità litostratigrafiche dell'Appennino emiliano: II - Le Argille di Viano*. « L'Ateneo Parmense - Acta Naturalia », vol. 5, fasc. 1, pp. 19-28, Parma.
- PAREA G. C. (1965/a), *Caratteri sedimentologici delle torbiditi preoligoceniche dell'Appennino centro-settentrionale*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 84, fasc. 1, pp. 223-256, Roma.
- PAREA G. C. (1965/b), *Evoluzione della parte settentrionale della Geosinclinale appenninica dall'Albiano all'Eocene superiore*. « Atti e Mem. Acc. Naz. Sc., Lett. e Arti di Modena », s. VI, vol. 7, pp. 1-97, Modena.
- PASSERINI P. (1962), *Brevi osservazioni di campagna sulla sedimentazione dei terreni terziari nell'alta Valle Staffora, Val Curone e Val Borbera (Bacino piemontese meridionale)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 81, fasc. 2, pp. 1-10, Pisa.
- PASSERINI P. (1965), *Rapporti fra le ofioliti e le formazioni sedimentarie fra Piacenza e il Mare Tirreno*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 84, fasc. 5, pp. 93-176, Pisa.
- PATRINI P. (1915), *I terrazzi orografici della Staffora in rapporto coi terreni terziari dei Colli vogheresi*. « Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett. », s. II, vol. 48, fasc. 5, pp. 208-217, Milano.
- PELIZZOLA C. (1915), *Contributo allo studio del piano « tortoniano » nell'Appennino pavese*. « Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett. », s. II, vol. 48, fasc. 14-15, p. 696, Milano.
- PELIZZER R. (1961), *Le Ofioliti nell'Appennino emiliano*. « Atti Acc. Sc. Ist. Bologna », Cl. Sc. Fis., anno 249°, « Memorie », s. I, fasc. 8, pp. 1-183, Bologna.
- PERETTI L. (1934), *I graniti della formazione argillo-scistosa ofiolitifera dell'Appennino settentrionale*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 53, fasc. 1, pp. 77-108, Roma.
- PIERI M. (1961), *Nota introduttiva al rilevamento del versante appenninico padano eseguito nel 1955-59 dai geologi dell'Agip Mineraria*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 80, fasc. 1, pp. 3-34, Roma.
- PIRINI C. (1961), *Contributo paleontologico allo studio dell'Appennino settentrionale*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 80, fasc. 1, pp. 111-126, Roma.
- PIZZOCHERO M. L. (1962), *Osservazioni stratigrafiche e micropaleontologiche sul passaggio Oligocene-Miocene in Val Grue e in Valle Scrivia*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 3, pp. 277-304, Pavia.
- PREVER P. L. (1905), *Le nummuliti e le ortofragmine di due località dell'Appennino Pavese*. « Rend. Ist. Lomb. », Cl. Sc. e Lett., s. II, vol. 38, fasc. 8-9, pp. 478-482, Milano.
- REUTTER K. J. (1961), *Zur Stratigraphie des Flysches im Ligurischen Apennin*. « N. Jb. Geol. Paläont. », Mh., vol. 11, pp. 563-588, Stoccarda.
- REUTTER K. J. (1968), *Die tektonischen Einheiten des Nordapennins*. « Ecl. Geol. Helv. », vol. 61, fasc. 1, pp. 183-224, Basilea.
- REUTTER K. J., SAMES C. W. (1964), *Fazieszusammenhänge im Nordapennin*. « Zeitsch. Deutsch. Geol. Ges. », vol. 114, fasc. 3, pp. 620-646, Hannover.
- REUTTER K. J., SCHLÜTER H. U. (1968), *La struttura delle arenarie dell'Unità di M. Modino - M. Cervarola nella zona di Bobbio (Piacenza) e nell'Appennino modenese*. « L'Ateneo Parmense - Acta Naturalia », vol. 4, fasc. 2, pp. 36-56, Parma.
- RICHTER M. (1960), *Beziehungen zwischen ligurischen Alpen und Nordapennin*. « Geol. Rundschau », vol. 50, pp. 529-537, Stoccarda.
- ROSSI D. (1957), *Studio stratigrafico e tettonico della Val d'Aveto (Appennino settentrionale)*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 6, pp. 75-91, Pavia.
- ROVERETO G. (1904), *Geomorfologia delle valli liguri*. « Atti R. Univ. Genova », vol. 18, pp. 1-215, Genova.
- ROVERETO G. (1926), *Note al rilevamento geologico dei jogli « Rapallo » e « Chiavari »: V - Assetto tettonico fra la Trebbia e l'Aveto*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 45, fasc. 2, pp. 123-134, Roma.
- ROVERETO G. (1939), *Liguria geologica*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 2, pp. 1-743, Roma.
- SACCHI VIALLI G. (1958), *Considerazioni su alcuni fossili del flysch dell'Appennino pavese-tortonese*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 8, pp. 93-102, Pavia.
- SACCO F. (1883), *Contribution à la connaissance paléontologique des argiles écailleuses et des schistes ophiolitifères de l'Apennin septentrional*. « Bull. Soc. Belge Géol., Pal. et Hydr. », vol. 7, pp. 1-34, Bruxelles.
- SACCO F. (1891), *L'Appennino Settentrionale (parte centrale)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 10, pp. 731-956, Roma.
- SACCO F. (1911-1912), *Geoidrologia dei pozzi profondi della valle padana*. « Annali R. Acc. Agr. Torino », vol. 54-55, pp. 1-387, Torino.
- SACCO F. (1924), *Geoidrologia dei pozzi profondi della valle padana. Appendice e Bibliografia*. Min. Lav. Pubbl., Serv. Idrografico, Uff. Idrografico del Po, pp. 1-180, Torino.
- SACCO F. (1929/a), *Carta Geologica d'Italia - Foglio 71 « Voghera » (1ª edizione)*. R. Ufficio Geologico, Roma.
- SACCO F. (1929/b), *La grande faglia del Monte Rocchetta (Appennino bobbiese)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 47, fasc. 2, pp. 180-184, Roma.
- SACCO F. (1929/c), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Fogli di Voghera e Pavia*. R. Ufficio Geol., Roma.

- SACCO F. (1930), *Le facies del Cretaceo nell'Appennino*. « Atti R. Acc. Sc. Torino », vol. 66, pp. 67-84, Torino.
- SACCO F. (1933), *Geoidrologia dei pozzi profondi della valle padana. Parte III*. Min. Lav. Pubbl., Serv. Idrografico, Uff. Idrografico del Po, Pubblicazione n. 9, vol. 3, pp. 1-532, Roma.
- SACCO F. (1935), *Le direttrici tettoniche trasversali dell'Appennino*. « Rend. R. Acc. Naz. Lincei », Cl. Sc. Fis., Mat. e Nat., s. VI, vol. 22, fasc. 9-12, pp. 371-375 e 551-553, Roma.
- SACCO F. (1938), *Schema paleogeografico dell'Appennino Settentrionale*. « Atti R. Acc. Sc. Torino », vol. 73, pp. 293-307, Torino.
- SACCO F. (1940), *Una sezione geologica attraverso l'Appennino dalla pianura padana al Tirreno*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 59, fasc. 3, pp. 401-420, Roma.
- SAGRI M. (1969/a), *Provenienza dei clastici nella formazione dell'Antola (Appennino settentrionale)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 88, fasc. 1, pp. 51-57, Roma.
- SAGRI M. (1969/b), *La Formazione dell'Antola nel versante tirrenico dell'Appennino settentrionale e nella Toscana a S dell'Arno*. « Mem. Soc. Geol. Ital. », vol. 8, fasc. 4, pp. 797-833, Pisa.
- SAMES C. W. (1963), *Beitrag zur Gliederung des Kreideflysch zwischen Bobbio und Berceto im Nordapennin (Italien)*. « Geol. Jb. », vol. 81, pp. 481-518, Hannover.
- SAMES C. W. (1967), *Sui conglomerati medio-cretacei della geosinclinale emiliana e la loro importanza per la paleogeografia*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 86, fasc. 1, pp. 49-58, Roma.
- SCHLÜTER H. U. (1968), *Stratigraphie und Tektonik des Fensters von Bobbio und der Auflagernden Decken (Provinz Piacenza, Italien)*. Inaugural Dissertation, Math. Nat. Fakultät der Freien Universität, pp. 1-44, Berlino.
- SEGNINI A. (1961), *Serie stratigrafica di Costa Merlassino*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 80, fasc. 1, pp. 79-87, Roma.
- SEGRÈ C. (1923), *Condizioni geognostico-costruttive di due grandi sbarramenti nell'Appennino Emiliano-Piacentino*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 42, fasc. 1, pp. 247-302, Roma.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1968), *Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia - Formazioni geologiche*. Fasc. 1, pp. 1-190, Roma.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1969), *Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia - Formazioni geologiche*. Fasc. 2, pp. 1-113, Roma.
- SIGNORINI R. (1935), *Le direttrici tettoniche trasversali nell'Appennino settentrionale*. « Atti R. Acc. dei Lincei », Cl. Sc. Fis., Mat. e Nat., vol. 21, s. VI, pp. 42-45, Roma.
- SIGNORINI R. (1946), *Autoctonia e alloctonia dei terreni dell'Appennino centrale e settentrionale*. « Rend. Acc. Naz. Lincei », Cl. Sc. Fis., Mat. e Nat., s. VIII, vol. 1, fasc. 1, pp. 99-108, Roma.
- SOCIN C. (1954), *Un interessante affioramento miocenico nelle colline di Broni (Pavia)*. « Pubbl. Ist. Geol. Univ. Torino », fasc. 2, pp. 79-84, Torino.
- STANLEY D. J., MUTTI E. (1968), *Sedimentological Evidence for an Emerged Land Mass in the Ligurian Sea during the Paleogene*. « Nature », vol. 218, n. 5136, pp. 32-36, New York.
- STAUB R. (1951), *Ueber die Beziehungen zwischen Alpen und Apennin und die Gestaltung der alpinen Leitlinien Europas*. « Ecl. Geol. Helv. », vol. 44, fasc. 1, p. 30, Basilea.
- STEINMANN G. (1907), *Alpen und Apennin*. « Monatsber. d. deutsch. Geol. Ges. », vol. 59, n. 8-9, pp. 177-183, Hannover.
- TARAMELLI T. (1877), *Osservazioni stratigrafiche sulla provincia di Pavia*. « Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett. », s. II, vol. 10, fasc. 9-10, pp. 279-297, Milano.
- TARAMELLI T. (1878), *Sulla formazione serpentinoso dell'Appennino pavese*. « Acc. Naz. Lincei, Mem. Cl. Sc. Fis., Mat. e Nat. », s. III, vol. 2, pp. 1-56, Roma.
- TARAMELLI T. (1882), *Descrizione geologica della provincia di Pavia, con annessa carta geologica*. Stab. Crivelli G., pp. 1-163, Milano.
- TARAMELLI T. (1916), *Descrizione geologica della Provincia di Pavia, con annessa carta geologica*. 2ª Ed., pp. 1-139, Novara.
- TEDESCHI D., COCOCETTA V. (1961), *Stratigrafia della serie di Costa Merlassino*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 80, fasc. 1, pp. 139-145, Roma.
- TEICHMÜLLER R., SCHNEIDER J. (1935), *Die Grenze von Alpen und Apennin*. « Abh. Ges. Wissen. zu Göttingen, Math. Phys. Kl. », vol. 3, fasc. 14, pp. 1-61, Berlino.
- VANOSI M. (1964), *Il problema delle septarie*. « Atti Ist. Geol. Univ. Pavia », vol. 15, pp. 32-88, Pavia.
- VECCHIA D. (1916), *Il petrolio in Italia e la zona petrolifera di Rivanazzano*. Pp. 1-117, Tip. Redaelli, Milano.
- VERVLOET C. C. (1966), *Stratigraphical and micropaleontological Data on the Tertiary of southern Piedmont (Northern Italy)*. Schotanus & Jens Ed., pp. 1-64, Utrecht.
- WEZEL F. C. (1959), *Su due tipi di evoluzione granulometrica nel membro argillitico-marnoso del « Macigno » dell'Appennino bobbiese*. « Riv. Ital. Paleont. », vol. 65, fasc. 4, pp. 445-451, Milano.
- WEZEL F. C. (1960), *Ricerche sedimentologiche su una serie argillitico-marnosa del « Macigno » della Regione di Bobbio (Appennino Piacentino)*. « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. 79, fasc. 1, pp. 143-166, Roma.
- WIJKERSLOOTH (DE) P. (1934), *Bau und Entwicklung des Apennins besonders der Gebirge Toscanas*. Selbstverlag Geol. Instituut, pp. 1-426, Amsterdam.