

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA



QUADRO D'UNIONE DEI FOGLI AL 100.000



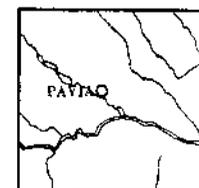
MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO  
DIREZIONE GENERALE DELLE MINIERE  
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

NOTE ILLUSTRATIVE  
della  
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1:100.000

FOGLIO 59  
**PAVIA**

ALFREDO BONI



ROMA  
NUOVA TECNICA GRAFICA  
1967



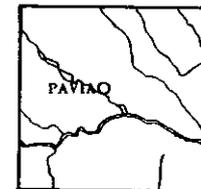
MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO  
DIREZIONE GENERALE DELLE MINIERE  
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

NOTE ILLUSTRATIVE  
della  
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1 : 100.000

FOGLIO 59  
**PAVIA**

ALFREDO BONI



ROMA  
NUOVA TECNICA GRAFICA  
1967

## SOMMARIO

I - INTRODUZIONE . . . . .	Pag. 7
II - CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE . . . . .	» 9
III - SGUARDO GEOLOGICO D'INSIEME . . . . .	» 10
IV - STRATIGRAFIA . . . . .	» 13
1) « Calcare di Pietra dei Giorgi » . . . . .	» 13
2) « Argille di rio Buzzà » . . . . .	» 15
3) « Marne di Cerisole » . . . . .	» 16
4) « Formazione di C. Palasco » . . . . .	» 17
5) « Formazione di Montù Beccaria » . . . . .	» 17
6) « Marne di S. Agata Fossili » . . . . .	» 18
7) « Formazione di Martinasca » . . . . .	» 20
8) « Formazione gessoso-solfifera » . . . . .	» 21
9) « Formazione di Luzzano » . . . . .	» 22
10) « Formazione di S. Cipriano » . . . . .	» 23
11) « Arenarie di M. Arzolo » . . . . .	» 24
12) « Formazione di Sparano » . . . . .	» 25
13) « Formazione di Corvino S. Quirico » . . . . .	» 27
14) « Formazione della Fontana di Annibale » . . . . .	» 28
15) « Formazione di S. Colombano » . . . . .	» 31
16) « Alluvioni quaternarie » . . . . .	» 34
17) « Sfaticcio argilloso e smottamenti » . . . . .	» 46

V - TETTONICA . . . . .	Pag. 47
1) La tettonica del « calcare di Pietra dei Giorgi »	» 47
2) Il contatto fra il « calcare di Pietra dei Giorgi » e i terreni neogenici . . . . .	» 48
3) La tettonica dei terreni neogenici . . . . .	» 48
4) La tettonica del Colle di S. Colombano al Lambro	» 50
5) La tettonica sepolta . . . . .	» 50
6) Le fasi orogenetiche . . . . .	» 52
VI - GEOMORFOLOGIA . . . . .	» 53
1) La collina . . . . .	» 53
2) Morfologia del substrato delle alluvioni . . . . .	» 55
3) Morfologia delle alluvioni . . . . .	» 56
4) Idrografia dell' <i>Alluvium</i> . . . . .	» 57
VII - GEOLOGIA APPLICATA . . . . .	» 59
1) Cave e miniere . . . . .	» 59
2) Campi gassiferi e ricerche di idrocarburi . . . . .	» 60
3) Falde acquifere sotterranee . . . . .	» 62
4) Sorgenti . . . . .	» 63
5) Sorgenti minerali . . . . .	» 63
BIBLIOGRAFIA . . . . .	» 65

## I - INTRODUZIONE

L'area del foglio 59-Pavia della Carta Geologica d'Italia è coperta, per la maggior parte, dalle alluvioni quaternarie della pianura padana; soltanto nell'angolo di SE del foglio, in corrispondenza al cosiddetto « sperone di Stradella », estrema punta di NW dell'Appennino settentrionale, e al colle di S. Colombano al Lambro, isolato in mezzo alle alluvioni, affiorano, con una certa ampiezza, i terreni quaternari marini e quelli prequaternari.

In tutta l'area del foglio sono intensamente sviluppate le colture agrarie e le opere dell'uomo, per cui sono limitati gli affioramenti naturali delle formazioni: per la pianura essi risultano concentrati lungo le scarpate dei terrazzi, per la collina sui pochi pendii naturali non coltivati e non ricoperti da depositi colluviali o alluviali; cave, scassi, pozzi, ecc. aggiungono qualche ulteriore dato; pertanto in diversi casi per dare un certo sviluppo superficiale alle formazioni è stato necessario rifarsi alle caratteristiche dei terreni agrari e da queste risalire alle rocce di partenza.

Per i terreni marini quaternari e prequaternari, per lo più di natura argillosa, essendo essi molto spesso simili fra loro, è stato necessario, per datarli e distinguerli, un costante ricorso all'indagine micropaleontologica.

Inoltre questi terreni, sempre per la loro natura, danno indicazioni di giacitura, di limiti, di rapporti reciproci poco chiare, per cui la tettonica di dettaglio appare incerta.

A parte le alluvioni quaternarie, per le quali sono state adottate, con una ulteriore aggiunta, le suddivisioni e le denominazioni stabilite

dalla « Commissione per il Quaternario Padano », per gli altri terreni ci si è attenuti strettamente al criterio formazionale voluto dal Comitato Geologico; la formazione è stata peraltro intesa genericamente come unità litostratigrafica cartografabile, indipendentemente dalla possibilità di soddisfare tutti i requisiti che sono stati successivamente precisati dal Comitato stesso: così per alcune delle « formazioni » che compaiono nel foglio non è possibile indicare il letto, o il tetto, o tutt'e due, o definire una serie tipo, ecc.; si tratta, in tal caso, di « unità informali », caratterizzate da individualità litologica e stabilite per la loro impossibile o imperfetta correlabilità con formazioni già esistenti.

A questo proposito va osservato che alcune di queste formazioni hanno carattere provvisorio e sono destinate a cadere in sinonimia con altre già stabilite o nuove, ma meglio definibili, quando verrà fatto quel lavoro comparativo che non è stato possibile eseguire prima della stampa del foglio.

Il rilievo geologico è stato eseguito, sulla base dei rilevamenti editi dai vari AA. e di quelli inediti di A. BONI, da G. BEATRIZOTTI, G. BELLINZONA, A. BONI, G. BRAGA negli anni 1961-62, sotto la direzione di A. BONI; l'esame micropaleontologico dei campioni è stato curato da S. MOSNA, coadiuvato, in parte, da G. BELTRAMI: a lui risalgono le determinazioni e le considerazioni micropaleontologiche delle pagine seguenti.

I dati relativi alle strutture tettoniche sepolte, le stratigrafie dei pozzi per idrocarburi e le due sezioni geologiche riportate in calce al foglio sono stati forniti dall'AGIP MINERARIA (Azienda Generale Italiana Petroli).

Tutti gli elementi per il disegno della carta furono consegnati al Comitato Geologico nella primavera del 1962; solo leggere modifiche sono state apportate nel 1964 durante la correzione delle bozze.

## II - CENNO STORICO SULLE CONOSCENZE GEOLOGICHE DELLA REGIONE

Troppo lungo sarebbe parlare di tutti i lavori geologici che direttamente o indirettamente interessano l'area del foglio Pavia: non va dimenticato, a questo proposito, che il triangolo collinare Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino costituisce l'estrema punta nord-occidentale dell'Appennino settentrionale, nella quale si ripetono molti dei problemi dell'Appennino suddetto, e va tenuto presente che il Colle di S. Colombano ha attirato spesso l'attenzione dei ricercatori sia per la singolarità della sua posizione e conformazione, sia per la natura e la ricchezza in fossili dei suoi terreni.

Riporterò alla fine di queste note illustrative un elenco bibliografico possibilmente completo; qui basti ricordare i momenti più significativi nell'evoluzione della rappresentazione cartografica e dell'illustrazione geologica dell'area del foglio Pavia.

Un punto di partenza in questa rapida rassegna può essere costituito dalla prima edizione della « *Descrizione Geologica della provincia di Pavia* » del TARAMELLI [1882], cui è allegata una carta geologica alla scala 1:200.000, rilevata negli anni 1877-79.

Un notevole contributo alla conoscenza geologica ed alla cartografia della regione è fornito dalla memoria del SACCO [1891] su « *L'Appennino settentrionale* », corredata da una carta al 100.000, la quale ha costituito, per quanto si riferisce all'area del foglio Pavia, la base delle successive rappresentazioni cartografiche.

Per i depositi continentali quaternari si può considerare fondamentale lo studio dello STELLA [1895] « *Sui terreni quaternari della valle del Po in rapporto alla Carta geologica d'Italia* ».

Nel 1916 TARAMELLI pubblica una seconda edizione « notevolmente aumentata » della sua « *Descrizione geologica della provincia di Pavia con annessa carta geologica* »; la carta ora è alla scala 1:100.000.

Infine nel 1928 compare la prima edizione del foglio 59-Pavia della Carta geologica d'Italia, coll'indicazione « *rilevato dal Professor*

FEDERICO SACCO nel 1890, riveduto dallo stesso nel 1922; per il *Quaternario sulla sinistra del Po anche secondo il rilevamento dell'Ing. Prof. AUGUSTO STELLA* ».

Nell'anno successivo sono pubblicate, a cura di FEDERICO SACCO [1929], anche le note illustrative, cumulativamente però per i fogli Voghera e Pavia.

Si conclude così un primo periodo della storia della conoscenza geologica della nostra regione, dominato dagli studi del TARAMELLI e del SACCO.

In questi ultimi anni lo « sperone » di Stradella figura in carte geologiche a piccola scala di tutto o di parte dell'Appennino settentrionale, carte che mirano soprattutto all'illustrazione dei rapporti strutturali: in quella di BONI [1962] compaiono la nuova distribuzione dei terreni miocenici e pliocenici nel triangolo Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino, risultante dai rilevamenti eseguiti dalla scuola pavese, e gli elementi strutturali che ne derivano.

Contemporaneo al nostro rilevamento è stato quello dei geologi dell'AGIP, che ha portato alla pubblicazione, nel 1963, della memoria « *Contributo alle conoscenze geologiche del Pedepennino Padano* » di LUCCHETTI, ALBERTELLI, MAZZEI, THIEME, BONGIORNI, DONDI, cui è allegata una carta alla scala 1:100.000, interessante anche il triangolo Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino.

Contemporaneamente MOSNA [1963] pubblica i suoi « *Contributi micropaleontologici per la stratigrafia dei terreni miocenici e pliocenici affioranti nell'area del F. Pavia* ».

### III - SGUARDO GEOLOGICO D' INSIEME

I terreni più antichi affiorano nel foglio Pavia lungo il lato meridionale del già citato triangolo collinare Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino e costituiscono quella formazione che TARAMELLI e SACCO indicavano rispettivamente come « *Calcere marnoso ad Helminthoidea* » e

« *Marne e calcari argillosi a Fucoidi* » ed attribuivano all'Eocene: la carta dell'AGIP la segna come « *Calcere di M. Dosso* » (Cretaceo-Eocene) e la pone nell'alloctono; da noi essa è stata denominata:

1) « *Calcere di Pietra dei Giorgi* » ed attribuita al Cretaceo (?) - Eocene.

Non ci è sembrato invece possibile distinguere le fasce di « *argille scagliose* » segnate dal TARAMELLI e dal SACCO.

All'ampio affioramento della suddetta formazione si associano lembi molto ridotti di altre; fra esse abbiamo distinto:

2) le « *Argille di rio Buzzà* » (= « *Banchi rossi* » p.p. = « *Marne di Monte Piano* » p.p.) dell'Eocene superiore-Oligocene;

3) le « *Marne di Cerisole* » (= « *Marne di Monte Piano* » p.p.) dell'Oligocene;

4) la « *Formazione di C. Palasco* » (= « *Arenarie di Ranzano* »?) dell'Oligocene.

Dopo una lacuna corrispondente alla sommità dell'Oligocene, al Miocene inferiore ed alla parte bassa del Miocene medio, la serie continua, nella fascia marginale, con:

5) la « *Formazione di Montù Beccaria* », nella quale, accanto al Tortoniano, sembra presente anche l'Elveziano;

6) le « *Marne di S. Agata Fossili* », rappresentanti il tipico Tortoniano;

7) la « *Formazione di Martinasca* », che, per la sua *facies clastica*, sembrerebbe già appartenere al Miocene superiore, ma presenta faune ancora ad affinità tortoniana;

8) la « *Formazione gessoso-solfifera* » del Miocene superiore;

o 8b) la « *Formazione di Luzzano* », corrispondente al Miocene superiore in *facies argilloso-arenacea*;

oppure 8c) la « *Formazione di S. Cipriano* », che sembra rappresentare una *facies* particolare, calcareo-marnosa fossilifera, del Miocene superiore;

strati relativamente sottili; nella parte alta della formazione sono presenti straterelli di brecciole a Nummuliti, Discocycline, Alveoline, ecc., intercalati ad argille rossastre; nella zona complessivamente sembrano prevalere le marne.

Frequentemente citata in letteratura è la fauna a macroforamiferi del « calcare di Pietra dei Giorgi » descritta dal PREVER [1905]: in realtà le determinazioni sono state eseguite su sezioni sottili e pertanto il loro valore è piuttosto limitato.

Nuove sezioni eseguite su brecciole hanno permesso di riconoscere soltanto:

<i>Nummulites</i> sp.	<i>Fabiania</i> sp.
<i>Discocyclina</i> sp.	<i>Cuvillierina</i> sp.
<i>Discocyclina</i> cfr. <i>pratti</i> (MICH.)	<i>Miscellanea</i> sp.
<i>Alveolina</i> sp.	<i>Operculina</i> sp.
<i>Assilina</i> sp.	

inoltre Rotalidi, rare Miliolidi, forme arenacee, Alghe corallinacee, resti di Echinidi.

Nella zona di Pianello-Nibbiano, compresa nel foglio Voghera, nella continuazione verso SE dell'affioramento del foglio Pavia, sono state trovate nelle marne grigio-chiare, intercalate a brecciole affini a quelle sopraccitate:

<i>Globorotalia velascoensis</i> (CUSH.)	<i>Globorotalia crassata</i> (CUSH.)
<i>Globorotalia aragonensis</i> (NUTT.)	<i>Globigerina</i> sp.

Entro l'area indicata sulla carta come cG, gli affioramenti di roccia in posto sono scarsissimi e spesso ci si è dovuti basare, per la delimitazione, unicamente sulle caratteristiche dei terreni agrari, per cui non è possibile escludere che localmente siano presenti anche termini sottostanti al suddetto calcare.

In queste condizioni potrebbe sembrare più opportuno segnare « indifferenziato »; si è preferito parlare della formazione del « calcare di Pietra dei Giorgi », in quanto appare verosimile, anche per lo sviluppo che essa assume nei vicini fogli 71 - Voghera e 72 - Fiorenzuola d'Arda, che essa sia del tutto prevalente.

Recentemente è stata istituita da DE ROSA, GELATI, MUTTI [1966] la « formazione di Val Luretta », che, come è riconosciuto dagli AA., è sinonima dell'« alberese tipo Pietra dei Giorgi » di BONI [1961], e quindi del « calcare di Pietra dei Giorgi » del foglio Pavia.

In essa vengono distinti due membri (quello di Poviago e quello di Monteventano), comprendenti, sulla base di microfaune planctoniche (Globorotalie e Globigerine), il Paleocene e l'Eocene inferiore il primo, la parte inferiore e media dell'Eocene medio il secondo (la parte superiore dell'Eocene medio sarebbe presente, secondo i suddetti AA., nelle sovrastanti « marne di M. Piano »).

Nell'area del foglio Pavia non sembra possibile una distinzione della formazione in membri.

2) aB - « Argille di rio Buzzà »<sup>(2)</sup> (= « Banchi rossi » p.p.): Argille varicolori per lo più rossastre con *Globorotalia crassata* (CUSH.), *Globorotalia crassula* CUSH. e STEW. Eocene medio? - Eocene sup.

Questa formazione è costituita da argille e argille marnose varicolori, prevalentemente rosse e verdi, non ben stratificate, con locali intercalazioni di straterelli arenacei e di livelletti a foraminiferi prevalenti.

Nella zona di Rosso è stato raccolto un campione di argilla, dal quale è stata isolata la seguente microfauna:

<i>Ammodiscus incertus</i> (D'ORB.)	<i>Stilostomella nuttalli</i> (CUSH. e JARV.)
<i>Anomalina dorri</i> COLE	
<i>Eponides trümpyi</i> NUTT.	<i>Globorotalia crassata</i> (CUSH.)
<i>Eponides umbonatus</i> (REUSS)	<i>Globorotalia crassula</i> (CUSH. e BERM.)
<i>Globigerinita dissimilis</i> (CUSH. e STEW.)	
<i>Gyroïdina girardana</i> (REUSS)	<i>Cibicides venezuelanus</i> NUTT.

Lo spessore è dell'ordine di qualche decina di metri.

Entro l'area del foglio Pavia questa formazione compare solo nella zona di Rosso (Oliva Gessi), dove essa poggia sopra il « calcare

<sup>(2)</sup> Il nome figura nella « Tabella di formazioni dell'Appennino settentrionale », redatta per il Comitato Geologico da G. MERLA [1963].

9a) la « *Formazione di Corvino S. Quirico* », non ben differenziata in membri, abbracciante il Pliocene in genere e raggiungente forse anche la base del Quaternario;

o 9b) la « *Formazione di Sparano* », rappresentante il Pliocene inferiore e medio in *facies* argillosa, al di sopra della « formazione di Luzzano »;

oppure 9c) le « *Arenarie di M. Arzolo* », corrispondenti essenzialmente al Pliocene inferiore (localmente esse forse iniziano già nel Miocene superiore);

10) la « *Formazione della Fontana di Annibale* », di significato cronologico incerto.

Con questi termini finisce la serie stratigrafica del triangolo Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino; i terreni più recenti affiorano a S. Ciriaco Po ed al Colle di S. Colombano: essi sono stati riuniti nella:

11) « *Formazione di S. Colombano* », attribuita al Pliocene sup. - Calabriano.

Ampliamente sviluppata è nel foglio la copertura delle alluvioni quaternarie, che sono state distinte, in base alle decisioni prese dalla « Commissione per il Quaternario Padano » nelle riunioni del 10-4-1962 e 6-7-1962, in:

13) *Diluvium antico*

14) *Diluvium medio*

15) *Diluvium recente*

16) *Diluvium tardivo e/o Alluvium antico*

17) *Alluvium recente ed attuale*

Per la pianura a S del Po si è usata una indicazione unica, comprendente i termini 15 e 16; nella copertura alluvionale della collina è stato distinto anche un

12) *Diluvium basale*, comprendente le alluvioni più antiche.

Successivamente la suddetta Commissione ha deciso di usare un'altra nomenclatura e di introdurre ulteriori distinzioni; delle possibili sinonimie sarà detto nel capitolo relativo alle alluvioni quaternarie.

In campo strutturale nell'area del foglio Pavia sono da esaminare:

- a) la tettonica del « substrato » calcareo-marnoso (« Calcare di Pietra dei Giorgi ») e la sua eventuale alloctonia;
- b) la natura del contatto fra « substrato » e copertura miocenico-pliocenica;
- c) la tettonica della suddetta copertura nella parte affiorante;
- d) la natura del contatto alla base del Quaternario marino;
- e) la tettonica del Quaternario marino;
- f) le strutture sepolte;
- g) i rapporti delle strutture di superficie con quelle sepolte.

Il foglio Pavia, insieme coll'adiacente Piacenza, appare anche di notevole interesse geomorfologico per la possibilità che esso offre di raccordare i terrazzi a Sud del Po, ben evidenti nella loro successione nella zona di Bosnasco-Castel S. Giovanni, con quelli a Nord del fiume, presenti in buon numero al Colle di S. Colombano al Lambro, dei quali poi si può tentare un collegamento con quelli ai piedi delle Prealpi tra il Ticino e l'Adda.

#### IV - STRATIGRAFIA

1) **cG** - « Calcare di Pietra dei Giorgi »<sup>(1)</sup>: *Alternanze di calcari marnosi, marne, arenarie, brecciole a Nummuliti, Discocycline, Alveoline, ecc. Le modalità di affioramento non permettono di stabilire se si tratti unicamente di questa formazione (Cretaceo?-Eocene) o anche, almeno in parte, di un complesso indifferenziabile* ».

I pochi affioramenti di roccia in posto sono molto ridotti, per cui non è possibile fare delle serie litostratigrafiche né calcolare la potenza della formazione.

Essa è costituita da alternanze di calcari marnosi, chiari, a Fucoidi, in strati e banchi, marne più o meno argillose, in banchi, e arenarie, in

<sup>(1)</sup> Il nome figura nella « *Tabella di formazioni dell'Appennino settentrionale* », redatta per il Comitato Geologico da G. MERLA [1963].

di Pietra dei Giorgi » e sottostà alle « marne di Cerisole », facendo parte della estremità nord-occidentale della ruga di Montecalvo Versiggia (vedi foglio Voghera).

Nella località tipo le « argille di Rio Buzzà » sono state studiate da GIRELLI [1960], che le ha attribuite essenzialmente all'Eocene superiore. Successivamente la presenza di *Globorotalia aragonensis* ha indotto diversi AA. a ritenere che nei « banchi rossi » sia rappresentato anche l'Eocene medio.

Dai geologi dell'Agip Mineraria i « banchi rossi », corrispondenti alle « argille di Rio Buzzà », sono inclusi nella formazione delle « marne di Monte Piano »: ci sembra opportuno invece tenerli distinti, almeno come membro, essendo essi ben differenziati litologicamente dalle marne grigio-verdi, costituenti la restante formazione di Monte Piano; non si è però ritenuto conveniente contrassegnare la formazione col nome di « banchi rossi », perché con questo termine sono stati indicati anche terreni diversi da quelli in questione.

3) **mC** - « Marne di Cerisole » (= « Marne di Monte Piano » p.p.: *Marne verdastre con Stilostomella nuttalli* (CUSH. e JARV.), *Eponides trümpyi* NUTT., *Cibicides grimsdalei* NUTT. Oligocene.

La formazione consta essenzialmente di marne argillose (25% CaCO<sub>3</sub>) grigio-verdastre, non ben stratificate.

Anche di questa formazione gli affioramenti sono pochi e limitati entro l'area del foglio Pavia. Tipico è quello di Cerisole, che, ignorato dalla carta del TARAMELLI [1916], era stato indicato in quella del SACCO [1928] come Pliocene; un campione qui raccolto ha rivelato la seguente microfauna:

<i>Globigerinita dissimilis</i> (CUSH. e BERM.)	<i>Pleurostomella</i> cfr. <i>bellardii</i> HANTK.
<i>Chrysalogonium tenuicostatum</i> CUSH. e BERM.	<i>Stilostomella nuttalli</i> (CUSH. e JARV.)
<i>Cibicides grimsdalei</i> NUTT.	<i>Uvigerina</i> sp.
<i>Cibicides venezuelanus</i> NUTT.	<i>Vulvulina jarvisi</i> CUSH.
<i>Eponides trümpyi</i> NUTT.	

Questa associazione indica un Oligocene generico.

A S di Rosso le « marne di Cerisole » poggiano sulle « argille di rio Buzzà » e sono a loro volta sormontate dalle arenarie « tongriane » affioranti nel contiguo foglio Voghera. La potenza della formazione è qui di alcune decine di metri.

Altri due piccoli affioramenti si hanno a E di Mornico Losana: di essi uno è sormontato da arenarie.

Verosimilmente queste « marne di Cerisole » corrispondono, in parte, alle « marne di Monte Piano », dalle quali peraltro abbiamo separato le « argille di rio Buzzà ».

4) **fP** - « Formazione di C. Palasco » (= « Arenarie di Ranzano »?): *Sabbie chiare poco cementate. Oligocene.*

Si hanno due soli affioramenti di questa formazione entro l'area del foglio Pavia; uno a C. Palasco (a E di Mornico Losana) e l'altro sul fianco sinistro della valle Scuropasso, alla Scorzoletta.

Si tratta di sabbie quarzose chiare, poco cementate, non stratificate, sterili.

L'esiguità degli affioramenti non permette di valutare con sicurezza il carattere formazionale e la posizione di queste molasse. Sembra trattarsi di lembi assai ridotti ed isolati di quelle che assumono un ben diverso sviluppo nel contiguo foglio Voghera, dove furono cartografate dal SACCO come « Tongriano ».

La « formazione di C. Palasco », stabilita provvisoriamente al tempo del rilevamento, cade verosimilmente in sinonimia colle « arenarie di Ranzano » dei geologi dell'AGIP.

5) **fB** - « Formazione di Montù Beccaria »: *Arenarie molassiche sormontate da marne talora brecciate analoghe alle « Marne di S. Agata Fossili ».* Elveziano? - Tortoniano.

La formazione è costituita da arenarie e molasse grigio-chiare, non ben stratificate, alternate a livelli di marne leggermente sabbiose, contenenti lenti sabbiose, e passanti verso l'alto, e talora anche lateral-

mente, a marne argillose simili alle « marne di S. Agata Fossili », le quali per lo più si presentano brecciate.

Il letto stratigrafico della formazione non affiora; non è quindi possibile valutarne la potenza.

Interessante è osservare come questa formazione avvolga, per così dire, la punta orientale dell'affioramento di Montescano della « formazione gessoso-solfifera », allungato in senso W-E.

La microfauna [MOSNA, 1963] è caratterizzata dalla presenza di:

<i>Bolivina arta</i> MACFAD.	<i>Stilostomella verneuili</i> (D'ORB.)
<i>Cibicides mexicanus dertonensis</i> RUSC.	<i>Uvigerina barbatula</i> MACFAD.
	<i>Uvigerina auberiana</i> D'ORB.
<i>Orbulina universa</i> D'ORB.	<i>Uvigerina flinti</i> CUSH.

L'abbondanza di *Uvigerina barbatula* e di *Stilostomella verneuili* fa pensare alla parte alta dell'Elveziano.

Sia nella carta del TARAMELLI [1916] che in quella del SACCO [1928] questi terreni erano indicati come « Messiniano »: i caratteri litologici e micropaleontologici riportati contraddicono questa attribuzione; la carta dell'AGIP [1963] nell'area di affioramento della formazione segna « Tortoniano »: la presenza di livelli molassici e marno-sabbiosi e le citate caratteristiche delle microfaune ci hanno indotto a tener separati questi terreni dalle classiche « marne di S. Agata Fossili » del Tortoniano, anche se, indubbiamente, esistono analogie fra le due formazioni.

6) **mA** - « Marne di S. Agata Fossili »<sup>(3)</sup>: *Marne ed argille con intercalazioni sabbiose verso l'alto con rari macrofossili e abbondante microfauna a Ebrenbergina dinapolii* GIANOTTI, *Bolivina arta* MACFAD., *Bolivinoidea miocenica* GIANOTTI. *Tortoniano*.

Si tratta della classica formazione delle colline di Tortona (S. Agata Fossili), nella quale si sviluppa la serie tipo del Tortoniano.

<sup>(3)</sup> Il nome figura nella « Tabella di formazioni dell'Appennino settentrionale », redatta per il Comitato Geologico da G. MERLA [1963].

Alle marne ed argille di color grigio-azzurro o giallastro, leggermente sabbiose, si intercalano, soprattutto verso l'alto, sabbie e arenarie poco cementate.

La stratificazione, non molto chiara nelle argille e nelle marne, diventa evidente quando sono presenti delle intercalazioni.

Mancando un sicuro letto stratigrafico, non è possibile una determinazione della potenza locale della formazione.

Sono presenti resti, per lo più mal conservati, di Lamellibranchi, Gasteropodi, ecc.

La microfauna è caratterizzata da:

<i>Anomalina flinti</i> CUSH.	<i>Cibicides mexicanus dertonensis</i> RUSC.
<i>Bolivina arta</i> MACFAD.	
<i>Bolivinoidea miocenica</i> GIANOTTI	<i>Ebrenbergina dinapolii</i> GIANOTTI
<i>Cassidulina laevigata</i> D'ORB.	<i>Orbulina universa</i> D'ORB.
<i>Cibicides italicus</i> DI NAPOLI	<i>Uvigerina rutila</i> CUSH.

e corrisponde a quella delle marne nelle località tipo.

Le « marne di S. Agata Fossili », cioè il « Tortoniano » classico, occupano nella nuova edizione del foglio Pavia un'area molto superiore a quella che questo piano prendeva nella precedente edizione e nella carta del TARAMELLI [1916], nelle quali esso era indicato, in forma di sottile striscia, soltanto nella zona di Corvino S. Quirico e di Mornico Losana; l'analisi micropaleontologica, eseguita su di un gran numero di campioni, ha permesso di attribuire al Tortoniano molti terreni marno-sabbiosi precedentemente inclusi nel « Messiniano » e nel Piacenziano del margine appenninico.

La distribuzione del « Tortoniano » nel foglio Pavia corrisponde, nelle grandi linee, a quella indicata dall'AGIP nella sua carta [1963].

Alla formazione delle « marne di S. Agata Fossili » sono stati attribuiti anche i piccoli affioramenti di marne a NE di Miradolo segnati sulla carta del TARAMELLI [1916] come Pliocene e su quella del SACCO [1928], in seguito agli studi di PORRO e ANELLI [1928] (che peraltro parlavano di Elveziano-Tortoniano), come Miocene indeterminato.

Successivamente COGGI e DI NAPOLI ALLIATA [1950] hanno di nuovo attribuito a queste marne un'età pliocenica, ma FARIOLI nel 1954, in base ai reperti micropaleontologici, le ritiene tortoniane.

Anche le microfaune da noi riscontrate nei punti segnati sulla carta giustificano l'attribuzione al Tortoniano.

7) **fM** - « Formazione di Martinasca »: *Conglomerati e arenarie con intercalazioni marnose, poveri di macro- e microfaune. Tortoniano-Miocene sup.?*

A W di Martinasca, sul fianco destro della valle Scuropasso (a S di Broni), affiorano dei terreni che abbiamo ritenuto costituire una « formazione » (nell'ampia accezione del termine, di cui si è già detto nella introduzione), nell'impossibilità di correlarli con quelli che costituiscono le altre formazioni affioranti entro l'area del foglio.

Si tratta in prevalenza di arenarie a grana abbastanza grossa, con granuli di quarzo e feldspati, di color grigio, alterantisi in giallo-bruno, con grosse concrezioni tondeggianti, suddivise in strati non molto netti e regolari; dalle arenarie si passa localmente, soprattutto verso il basso, a conglomerati e brecce in banchi e lenti; alle arenarie ed ai conglomerati si intercalano livelli marnosi.

Sono stati trovati, nei conglomerati, gusci di Ostriche e legni silicizzati.

Nelle intercalazioni marnose è presente una microfauna abbastanza abbondante, che però appare costituita principalmente da fossili rimaneggiati.

Tra gli elementi microfaunistici più recenti ricordiamo:

<i>Uvigerina schwageri</i> BRADY	<i>Anomalina helicina</i> (COSTA)
<i>Orbulina universa</i> D'ORB.	<i>Globorotalia menardii</i> (D'ORB.)
<i>Vulvulina pennatula italica</i> CUSH.	<i>Globigerina nepenthes</i> TODD

che accennano a un Tortoniano.

La formazione di Martinasca, lungo la valle Scuropasso, poggia regolarmente sulle « marne di S. Agata Fossili »; non è chiaro invece

il suo tetto stratigrafico, in quanto essa viene a contatto a N (verso Castana) colla « formazione gessoso-solfifera », a SE colla « formazione di Luzzano » e, limitatamente, col « calcare di Pietra dei Giorgi ».

Quest'ultimo contatto è evidentemente tettonico; meno ovvia è la valutazione degli altri.

E' appunto per questa incertezza nella sua posizione stratigrafica (sembrerebbe essere compresa fra le « marne di S. Agata Fossili » e la « formazione gessoso-solfifera ») e per i suoi caratteri litologici (per i quali peraltro si avvicina alle « arenarie di Monte Arzolo »), che abbiamo ritenuto di tenerla, almeno provvisoriamente, separata.

Nelle carte di TARAMELLI [1916] e di SACCO [1928] questi terreni sono attribuiti al « Messiniano », in quella dell'AGIP [1963] sono segnati come Miocene superiore in facies di arenarie.

8) **Fgs** - « Formazione gessoso-solfifera »<sup>(4)</sup>: *Molasse, calcari cariati, calcari brecciati, marne, arenarie e conglomerati gessiferi. Lenti di gesso (g). Miocene sup.*

Numerose sono le facies litologiche che questa formazione presenta: molasse grigiastre, calcari cariati biancastri, calcari brecciati grigioscuro, marne e marne argillose gessifere, arenarie e conglomerati gessiferi (in quanto il gesso vi sia in giacimento primario) e masse di gesso, in grossi cristalli o granulare. I giacimenti di gesso non sono peraltro così notevoli nel foglio Pavia come nel vicino foglio Voghera.

Praticamente priva, nella zona, di fossili marini, la formazione è ricca di fossili vegetali: classica è, a questo proposito, la località di Montescano (per una svista la località fossilifera non è segnata sulla carta), dove nei gessi granulari è contenuta la ricca flora a filliti studiata dal SORDELLI [1878] e dal PRINCIPI [1914]: quest'ultimo autore ha riconosciuto una quarantina di specie dei generi: *Equisetum*, *Glyptostrobus*, *Sequoia*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus*, *Castanea*, *Quercus*, *Iuglans*, *Myrica*, *Salix*, *Populus*, *Planera* (*Zelkova*), *Ulmus*, *Ficus*, *Laurus*, *Cinnamomum*, *Oreodaphne*, *Acer*, *Vitis*, *Berkemia*, *Liquidambar*, *Platanus*,

(4) Il nome figura nella « *Tabella di formazioni dell'Appennino settentrionale* », redatta per il Comitato Geologico da G. MERLA [1963].

*Robinia*, *Acacia*, *Diospyros*: tale flora, che corrisponde a quella dei gessi di Senigallia, a detta dell'A., ha rapporti colla flora attuale di tipo nord-americano ed accenna ad un clima piuttosto temperato.

Là dove la formazione gessoso-solfifera poggia sulle « marne di S. Agata Fossili » ed è regolarmente sormontata dalle « arenarie di M. Arzolo », come nella zona compresa tra il Rile Verzate e il T. Scuropasso, se ne può valutare lo spessore in poche decine di metri; dato il suo carattere, è logico però aspettarsi variazioni, anche notevoli, nella potenza.

La formazione gessoso-solfifera, così intesa, occupa una parte del « Messiniano » delle carte del TARAMELLI [1916] e del SACCO [1928] e del Miocene superiore dell'AGIP [1963].

9) **fl** - « Formazione di Luzzano »: *Marne sabbiose con abbondante macro- e microfauna (Uvigerina tenuistriata gaudryinoides LIPP., Uvigerina tenuistriata siphogenerinoides LIPP., Bulimina echinata D'ORB.). Miocene sup.*

Lungo il lato nord-orientale del triangolo collinare Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino si individuano dei terreni che, soprattutto da un punto di vista micropaleontologico, hanno dei caratteri peculiari, senza peraltro corrispondere alla « formazione gessoso-solfifera », come è stata descritta nelle pagine precedenti.

Questi terreni si ritrovano anche in un piccolo affioramento a SW di Castana.

Si tratta di marne sabbiose di colore grigio, non ben stratificate, con intercalazioni sabbioso-arenacee.

La microfauna è caratterizzata da:

<i>Bolivina punctata</i> D'ORB.	<i>Globorotalia scitula</i> (BRADY)
<i>Bolivina dilatata</i> REUSS	<i>Uvigerina tenuistriata siphogenerinoides</i> LIPP.
<i>Bolivina paralica</i> PERC.	
<i>Bolivinoidea miocenicus</i> GIANOTTI	<i>Uvigerina tenuistriata gaudryinoides</i> LIPP.
<i>Bulimina echinata</i> D'ORB.	

radioli di Echinidi, otoliti, spicule di Spugne.

Le zone a *Bulimina echinata* e *Uvigerina tenuistriata* e sue sottospecie sono tipiche del Miocene superiore dell'Appennino.

Nella microfauna si nota una tendenza alle piccole dimensioni e ad una certa oligotopia da porsi in relazione colle caratteristiche (iper-salinità, scarsa ossigenazione) dell'ambiente.

Nel museo dell'Istituto di Geologia dell'Università di Pavia è conservata una faunetta, proveniente da Luzzano (Rovescala), coll'indicazione « Tortoniano » e costituita da Gasteropodi (prevalenti), Lamellibranchi e Coralli isolati.

Sulla base di questa fauna fu specificato nella legenda « con abbondante macrofauna »; in verità sul terreno macrofossili sono stati trovati solo in numero molto limitato, per cui non si può dire con sicurezza se questa faunetta derivi dalla « formazione di Luzzano » o dalle sottostanti « marne di S. Agata Fossili ».

La « formazione di Luzzano » nella zona di Cascina Vecchia-Costa Montefedele è sormontata dalla « formazione di Sparano », di cui sarà detto più avanti; lo spessore si aggira sul centinaio di metri.

Nella carta del TARAMELLI [1916] una parte della « formazione di Luzzano » rientra nel « Messiniano », un'altra è cartografata come Eocene; in quella del SACCO [1928] è compresa nel Pliocene; nella carta dell'AGIP [1963] corrisponde in parte al Tortoniano, in parte al Miocene superiore.

10) **fc** - « Formazione di S. Cipriano »: *Marne calcaree a grosse Lucine. Miocene sup.?*

Nella zona di S. Cipriano, dopo accurate ricerche, sono stati rintracciati alcuni spuntoni di roccia, residuo di quel maggiore e più evidente affioramento descritto da TARAMELLI [1916] e da PATRINI [1916] e segnato sulla carta del TARAMELLI [1916] come Langhiano e in quella del SACCO [1928] come « Miocene indeterminato ».

Si tratta di marne calcaree grigiastre (65,5% CaCO<sub>3</sub>), puramente detritiche; da esse sembrano derivare i grossi modelli di Lucina, dei quali due esemplari sono conservati nel Museo di Pavia. Non sono stati osservati microfossili.

Dato lo sviluppo ridottissimo dell'affioramento e la sua mancanza di rapporti con altre formazioni, è difficile dare una sicura posizione stratigrafica a queste marne calcaree, trovandosi le grandi Lucine in diversi orizzonti del Miocene.

Il pozzo « Stradella I », perforato dall'Agip Mineraria circa 1 km a N del suddetto affioramento delle Coste di S. Cipriano e poco a W dell'asse di un'anticlinale sepolita (rispetto al quale l'affioramento è invece leggermente a E), ha incontrato 180 m di « Miocene s.l. » e poi Tortonianiano sino alla profondità di 625 m.

Sembra pertanto verosimile che le marne calcaree a Lucine siano da attribuire al Miocene superiore.

11) **aA** - « Arenarie di M. Arzolo »: *Conglomerati e arenarie con rari macrofossili. Miocene sup.? - Pliocene inf.*

Due sono le facies tipiche di questa formazione: l'arenacea e la conglomeratica.

Nella zona di Gessi, al di sopra della « formazione gessoso-solfifera », sono presenti delle arenarie, con qualche ciottoletto, gessifere, in cui il gesso è contenuto in forma di frammenti più o meno arrotondati.

Fra il Rile Verzate e il T. Scuropasso e nella zona di Castana, al di sopra della « formazione gessoso-solfifera », si sviluppano arenarie a grana media o minuta, compatte, di color grigio allo stato fresco: esse però si alterano facilmente, disfacendosi ed assumendo color giallo-bruno.

In sezione sottile esse appaiono costituite essenzialmente da granuli quarzosi e da abbondante cemento calcareo-argilloso; sono presenti alcuni microfossili, per lo più indeterminabili. Localmente, in queste arenarie, si osservano impronte vegetali (filliti); verso la base si hanno anche intercalazioni marnose.

A NW di Canneto la formazione delle « arenarie di M. Arzolo » viene a contatto diretto (e sembra trattarsi di sovrapposizione stratigrafica) colle « marne di S. Agata Fossili », assumendo sviluppo prevalentemente conglomeratico; essa è ben evidente in Valle Scura, verso

lo sbocco della quale, sotto ai conglomerati, affiora un lembo di « marne di S. Agata Fossili ».

La microfauna nelle arenarie è scarsa e poco significativa; anche i macrofossili sono rari.

Le intercalazioni marnose verso la base della formazione, nella zona di Torricella Verzate, hanno dato un residuo di lavaggio molto ridotto, prevalentemente arenaceo, con pochissima microfauna, costituita da esemplari di piccole dimensioni, fra i quali fu possibile riconoscere:

*Cassidulina laevigata carinata* SILV.    *Globorotalia scitula* (BRADY)  
*Rotalia beccarii* (LINNÉ)                      *Uvigerina tenuistriata siphogeneri-*  
*Hopkinsina bononiensis* (FORN.)            *noides* LIPP.

Questa microfauna, per il nanismo degli esemplari e per la presenza di *Globorotalia scitula* e di *Uvigerina tenuistriata siphogenerinoides*, accenna al Miocene superiore.

Mancando il tetto stratigrafico della formazione non è possibile valutarne la potenza.

Nelle carte di TARAMELLI [1916] e SACCO [1928] questi terreni sono indicati come « Messiniano »; in quella dell'AGIP [1963] come Miocene superiore, fatta eccezione per i limitati lembi conglomeratici della zona Broni-Canneto, che sono attribuiti al Pliocene inferiore.

Riteniamo che, in generale, al di sopra della classica « formazione gessoso-solfifera » si sviluppi il Pliocene inferiore in facies clastica più o meno grossolana, e che quindi anche queste arenarie siano da attribuire essenzialmente al Pliocene inferiore; tuttavia localmente esse possono prendere inizio già nel Miocene superiore, come sarebbe dimostrato dalle intercalazioni marnose alla base della formazione.

12) **fS** - « Formazione di Sparano »: *Formazione argillosa uniforme con microfauna a Robulus calcar* (LINNÉ), *Marginulina costata* (BATSCH), *Anomalina helicina* (COSTA), *Stilostomella monilis* (SILV.). *Pliocene inf.-medio.*

Si tratta di argille più o meno marnose, grigio-azzurre, litologica-

mente simili alle « marne di S. Agata Fossili » e da quelle distinte soprattutto per la posizione stratigrafica e per la microfauna.

La formazione si sviluppa lungo il lato nord-orientale del triangolo collinare Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino, facendo seguito alla « formazione di Luzzano » o direttamente alle « marne di S. Agata Fossili », così che in questa zona la serie Tortoniano-Pliocene è essenzialmente argillosa e le formazioni sono differenziate soprattutto dalle microfaune. Sul lato nord-occidentale, come s'è visto, Tortoniano e Pliocene sono invece separati dalla « formazione gessosa-solfifera » e il Pliocene inferiore ha facies arenaceo-conglomeratica.

Evidentemente i bacini dovevano essere separati da una ruga in « marne di S. Agata Fossili », passante all'incirca per Stradella.

La macrofauna è rara, scarsa e non significativa; della microfauna, sempre abbondante, riporteremo quella della cava di argilla della Fornace Quirici, corrispondente ai livelli superiori affioranti della formazione:

<i>Anomalina helicina</i> (COSTA)	<i>Nonion pompilioides</i> (FICHT. e MOLL)
<i>Bulimina costata</i> (D'ORB.)	<i>Orbulina universa</i> D'ORB.
<i>Bulimina ovata</i> D'ORB.	<i>Planulina ariminensis</i> D'ORB.
<i>Cassidulina laevigata carinata</i> SILV.	<i>Robulus curviseptus</i> (SEG.)
<i>Cibicides floridanus</i> CUSH.	<i>Robulus orbicularis</i> (D'ORB.)
<i>Eponides haidingeri</i> (BRADY)	<i>Robulus stellatus</i> (SEG.)
<i>Eponides umbonatus</i> (REUSS)	<i>Sigmoilina celata</i> (COSTA)
<i>Globigerina bulloides</i> D'ORB.	<i>Rotalia beccarii</i> (LINNÉ)
<i>Globigerinoides elongatus</i> (D'ORB.)	<i>Siphonina reticulata</i> (CZYZEK)
<i>Globigerinoides trilobus</i> (REUSS)	<i>Uvigerina peregrina</i> CUSH.
<i>Globorotalia scitula</i> (BRADY)	<i>Uvigerina pygmaea</i> D'ORB.
<i>Gyroldina soldanii</i> (D'ORB.)	<i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.)
<i>Nonion boueanum</i> (D'ORB.)	

Tale microfauna accenna a un Pliocene medio.

L'età piacenziana di questi terreni era stata riconosciuta sia dal TARAMELLI [1916] che dal SACCO [1928]: quest'ultimo A. dava loro

peraltro un'estensione molto maggiore di quella reale. La carta della AGIP [1963] li indica come Pliocene inferiore: solo un'area molto ristretta, nella zona della Fornace Quirici, è attribuita al Pliocene medio-superiore.

Mancando il tetto della formazione non è possibile valutarne la potenza.

13) **fQ** - « Formazione di Corvino S. Quirico »: *Argille, molasse, conglomerati, calcari a Corallinacee. Pliocene.*

Nella zona di Corvino S. Quirico, i terreni sovrastanti alla « formazione gessoso-solfifera », ben evidenti a Gessi, per la loro varietà di tipi litologici, assumono un carattere diverso da quello della « formazione di Sparano », che è unicamente argillosa; come « arenarie di M. Arzolo » potrebbe forse essere distinta la parte inferiore della serie, ma, dato il suo esiguo e discontinuo sviluppo e data la povertà degli affioramenti, si è preferito fare una formazione unica.

Le facies litologiche della formazione sono varie; gli affioramenti sono però limitati e discontinui, per cui le valutazioni, soprattutto dei rapporti, sono molto incerte; prevalgono comunque le argille, ma si hanno anche molasse facilmente disgregabili, lenti conglomeratiche, sabbie gialle, calcari a Corallinacee (C. Bottirolo a SE di Mairano).

In diverse località si possono raccogliere macrofossili nella formazione, peraltro poco significativi: per es. a Corvino S. Quirico, a Mazzolino, sotto C. Bottirolo.

Le microfaune presentano caratteri diversi a seconda delle località: un campione prelevato a C. la Cordona (a NE di Corvino S. Quirico) ha dato una microfauna attribuibile al Pliocene inferiore per la presenza di *Orthomorphina bassanii*, *Plectofrondicularia gemina*, *Uvigerina rutila*, *Vaginulina legumen*; un campione raccolto tra C. Pola e S. Rocco (a W di Corvino S. Quirico) è verosimilmente da attribuire al Pliocene medio per la presenza di *Anomalina ornata*, *Baggina gibba*, *Globorotalia hirsuta*, e *Bolivina apenninica*; un terzo campione, raccolto lungo il Rile S. Zeno a NW di Mazzolino, presenta la fauna oligotipica a *Rotalia bec-*

*carii* e *Elphidium crispum*, che, di solito, contraddistingue livelli dal Pliocene superiore al Quaternario.

La formazione sembra pertanto estesa dal Pliocene inferiore al Pliocene superiore e forse anche al Quaternario basale.

Si noti che il profilo A-A dell'AGIP [1963], mentre riduce moltissimo il Pliocene medio-superiore, porta in superficie, a SE di Casteggio, per ampia estensione, il Quaternario marino, che peraltro non figura sulla carta.

I terreni da noi ascritti alla « formazione di Corvino S. Quirico » sono indicati dal TARAMELLI [1916] per la maggior parte ancora come « Messiniano »; il Pliocene vien fatto affiorare solo nei dintorni di Casteggio; SACCO [1928] lo estende un po' di più e inoltre lo suddivide in Piacenziano e Astiano.

14) **FA** - « Formazione della Fontana di Annibale » (Casteggio): *Arenaria con strutture da concrezione, abbondante macrofauna, legni e strobili calcificati. Pliocene sup.?*

L'affioramento di questa « formazione » (evidentemente anche qui il termine è usato in senso molto ampio) è estremamente ridotto e, attualmente, pressochè completamente mascherato: infatti la cava esistente nella località « Fontana di Annibale » (o « California », come era anche chiamata), appena fuori Casteggio, lungo la strada per Broni, è abbandonata e i terreni di copertura sono franati, nascondendo quasi completamente la roccia in posto.

Peraltro nella località sono stati raccolti in passato numerosi e ben conservati resti fossili animali e vegetali, che non possono essere passati sotto silenzio, in quanto diversi AA. ne hanno parlato; inoltre molto interessante si presenta il problema della posizione stratigrafica di questi terreni.

Si tratta di sabbie (talora ciottolose) irregolarmente cementate in arenarie compatte a grana fine, di color grigio nella frattura fresca, che, in superficie, per alterazione, passa al brunastro; spesso esse presentano belle forme sferoidali e mammellonari da concrezione.

Le arenarie si presentano ricche di frustoli vegetali e di molluschi fossili. In sezione sottile la roccia appare costituita da elementi clastici, prevalentemente quarzosi, da molti resti più o meno frammentari e da abbondante cemento calcareo.

Dalla località provengono anche numerosi legni fossili calcificati, dei quali alcuni di dimensioni rilevanti (tronchi di Conifere); tutti appaiono incrostati da arenarie con strutture mammellonari. Sono stati sinora descritti da BONI [1955] e da SACCHI VIALLI G. [1958]:

*Pinuxylon apenninicum* n. f.

*Ulmuxylon* sp. ex aff. *Ulmus campestris* L.

Sono stati trovati anche diversi strobili di Conifere che la VIALLI [1949] ha determinato come:

*Picea latisquamosa* LDW.

*Pinus* sp. aff. *laricio* POIR.

*Picea clastidii* n.f.

La macrofauna è costituita da Gasteropodi e Lamellibranchi ed è stata illustrata da PARONA [1879].

Purtroppo attualmente non si può dire nulla sulle caratteristiche e sull'andamento della stratificazione. TARAMELLI [1882] parla di inclinazione assai varia « e presso al piano volgente a sud ».

Quanto al tetto, TARAMELLI [1882] scrive: « Il terreno quaternario, che ricopre tale arenaria con una concordanza, che a mio avviso è tutt'affatto apparente, (cioè dovuta al fatto che la roccia marina era quivi affatto orizzontale quando presero a formarsi i depositi fluviali e torrenziali) è costituito per pochi metri da sabbie e ghiaie sciolte, quindi da argille azzurrognole e gialle tenacissime ».

In letteratura non si hanno dati circa il letto di questa formazione, evidentemente non affiorante.

Il pozzo « Casteggio n. 9 » perforato dall'Agip Mineraria nella valletta de « il Rile », circa 1 Km. a SW della « Fontana di Annibale », ha attraversato 80 m. di sabbie e ghiaie, considerate alluvioni, poi 160 m.

di argille marnoso-siltose, con intercalazioni siltoso-arenacee, attribuite al Quaternario marino, e poi, per 320 m., il Pliocene medio-superiore; il pozzo « Casteggio 8 », trivellato circa 500 m. a NW della « Fontana di Annibale », ha attraversato 80 m. di alluvioni, 380 m. di Quaternario marino, 190 m. di Pliocene medio-superiore, 600 m. circa di Pliocene inferiore.

I pareri degli Autori precedenti sono discordi sulla posizione stratigrafica di queste arenarie. Il TARAMELLI [1916, pag. 53] scrive: « La grande abbondanza delle larghe vene quarzose e calcari nelle arenarie della zona gessifera nelle colline di Redavalle e di S. Giulietta si combina col fatto della frequenza nella cava di sabbia della « Fontana di Annibale », presso Casteggio, di nuclei di conchiglie formati di calcedonio e di grossi tronchi di vegetali silicizzati... Tutto ciò dimostra che sono intervenuti alcuni di quei fenomeni endogeni, i quali così validamente contribuirono ad arricchire di zolfo la zona gessifera della Romagna e della Sicilia... » ma poi, nella carta, alla « Fontana di Annibale » segna Pliocene.

Il SACCO [1928] vi indica invece l'Astiano, però nel 1891 scriveva: « ... per cui parrebbe trattarsi invece di un deposito *piacenziano* o *mes-siniano* ».

L'AGIP [1963] nella carta, attorno a Casteggio, segna soltanto Quaternario continentale, ma nel suo profilo A-A' porta ad affiorare ampiamente il Quaternario marino.

In base alle determinazioni stratigrafiche dei citati pozzi dell'Agip Mineraria, si dovrebbe riferire la « Formazione della Fontana di Annibale » al Quaternario marino; infatti se si può supporre che fra la Fontana di Annibale e il pozzo « Casteggio 8 » esistano una faglia o una flessura, non sembra logico pensare a qualche cosa di analogo anche rispetto al pozzo « Casteggio 9 » che si trova a SW della Fontana di Annibale e già dentro la collina; in esso il Pliocene medio-superiore è stato riconosciuto per carotaggio alla profondità di 400 m.

La legenda del foglio sembrerebbe pertanto doversi modificare, in base a questi dati di sottosuolo, nel senso di ammettere un'età quaternaria della « formazione della Fontana di Annibale ».

15) **fsc** - « Formazione di S. Colombano »: *Argille verdastre a Cardium, argille grigie ad Anomalina balthica* (SCHROETER), *lumachella a Pettinidi, calcare madreporico, calcare a Corallinacee, conglomerati con abbondante macrofauna. Pliocene sup.? - Calabriano.*

Molto limitati come numero e come estensione sono gli affioramenti di questa formazione nell'area del foglio Pavia: la maggior parte di essi si trova là dove i ruscelli, al margine del Colle di S. Colombano al Lambro, hanno inciso la copertura quaternaria e messo a nudo la roccia sottostante; uno, molto piccolo, si ha lungo il Po fra S. Cipriano Po e Portalbera.

Dei primi, il più evidente e più ricco di fossili è quello a NE di Miradolo. Qui, lungo la val Miradolo, nelle superfici di dilavamento è possibile vedere un banco di calcare a Corallinacee un po' conglomeratico alla base, sormontato da argille grigie e poi dalle alluvioni quaternarie.

Il calcare a Corallinacee (studiate dalla MASTRORILLI [1950]) ha una matrice formata dalle strutture di queste alghe e subordinatamente da quelle di Briozoi incrostanti; gli spazi compresi fra di esse sono occupati da materiale detritico fine, ricco di resti di organismi e da cemento calcareo. Questi calcari ricordano molto da vicino quelli presenti nella formazione di Corvino S. Quirico.

Talora nel calcare sono presenti ciottoli anche di Cristallino.

Localmente le costruzioni dei Coralli, per lo più del genere *Cladocora*, diventano prevalenti: si può in tal caso parlare di calcare madreporico; negli spazi tra i singoli polipari è comunque ancora presente lo stesso materiale calcareo-detritico.

La macrofauna è molto ricca, predominando Pettinidi e Terebratule: essa rientra nella ben nota fauna fossile del Colle di S. Colombano al Lambro, studiata da SARTORIO [1879], AIRAGHI [1897], PATRINI [1930], COGGI e DI NAPOLI [1950].

Una seconda facies, affiorante verso le Terme di Miradolo, è quella delle argille a *Cardium*: trattasi di argille grigio-verdastre, siltose.

contenenti nidi di *Cardium edule* L. - La microfauna è caratterizzata dalla presenza di:

<i>Elphidium crispum</i> (LINNÉ')	<i>Eponides frigidus granulatus</i>
<i>Cassidulina laevigata carinata</i> SILV.	DI NAPOLI
<i>Bulimina elegans marginata</i> FORN.	<i>Rotalia beccarii</i> (LINNÉ')
<i>Bulimina elongata</i> D'ORB.	<i>Reussella spinulosa</i> (REUSS)
	<i>Nonion boueanum</i> (D'ORB.)

in un campione si è trovato anche:

<i>Elphidium decipiens</i> (COSTA)	<i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.)
------------------------------------	--------------------------------------

Una terza facies è quella delle argille grigie ad *Anomalina balthica*, citata da COGGI e DI NAPOLI [1950].

A S. Cipriano Po esiste un piccolo affioramento di arenarie chiare, grossolane, con frammenti di roccia e granuli di quarzo, abbondante cemento calcareo e frequenti resti fossili più o meno frammentari; queste arenarie passano a conglomerati minuti per l'aumentare delle dimensioni dei clastici, o a coquine per il prevalere dei frammenti organogeni.

La macrofauna è ricca e varia: prevalgono forme dei generi *Pectunculus* e *Pecten*.

Può sorgere il dubbio se il piccolo lembo di S. Cipriano Po sia da considerare affioramento della « Formazione di S. Colombano » o non piuttosto di terreni più antichi.

PATRINI [1916] parla di un calcare conchigliare « identico a quello pliocenico di S. Colombano ».

Le ricerche di PORRO e ANELLI [1928] e di COGGI e DI NAPOLI [1950] hanno permesso di precisare, in modo sintetico, come segue la serie di S. Colombano, al di sopra del Tortoniano:

- 4) arenarie sabbiose chiare giallastre con intercalazioni di strati induriti, rossicci, con Pettini ed altre bivalvi e con intercalazioni di straterelli di argille sabbiose grigiastre (argille a *Anomalina balthica*);
- 3) argille a *Turritella*;
- 2) argille a *Cardium*;
- 1) calcare conglomeratico di scogliera.

Le arenarie di S. Cipriano dovrebbero corrispondere al membro superiore della formazione.

Il calcare a Corallinacee o madreporico con la sua macro- e microfauna indica un ambiente marino di scogliera, con acque temperate o temperato-calde.

Le argille a *Cardium*, avendo una microfauna impoverita e specializzata, soprattutto nella parte superiore, che è caratterizzata da *Rotalia beccarii*, accennano ad un ambiente costiero o, secondo DI NAPOLI [1950], addirittura salmastro; la presenza di *Bulimina* e *Cassidulina* è interpretata da FARIOLI [1954] come derivante da una migrazione di queste forme verso un ambiente meno profondo dell'abituale, in seguito a raffreddamento del clima.

Le argille a *Turritella* e le sabbie a *Pecten* indicano, secondo DI NAPOLI [1950], un ritorno ad un ambiente nettamente marino; nelle seconde compaiono alcune forme fredde (*Anomalina balthica*, *Nonion sloani*, *Nonionella turgida*).

SACCO [1928] attribuisce i terreni della Collina di S. Colombano al Lambro, sovrastanti al già citato Miocene indeterminato, al Piacenziano (calcare madreporico e argille grigie) e all'Astiano (arenarie sabbiose giallastre a Pettinidi); ma già il TARAMELLI nel 1916 aveva ritenuto probabile che « dei piani pliocenici sia appunto il Calabriano, nel senso definito dal dott. Gignoux, quello che meglio corrisponde alla fauna sopra indicata » (di S. Colombano).

PORRO e ANELLI [1928] parlano di Pliocene superiore « probabilmente riferibile al Calabriano »; COGGI e DI NAPOLI [1950] e FARIOLI [1954] attribuiscono senz'altro i terreni in questione al Calabriano.

In verità, forme a tendenza fredda sono state riscontrate soltanto da COGGI e DI NAPOLI [1950], in un campione prelevato a 53 m. di profondità in un sondaggio eseguito a Miradolo, e riferibile al livello 4 della serie stratigrafica.

Secondo i suddetti AA. sarebbe tuttavia possibile l'attribuzione al Calabriano anche dei livelli sottostanti,

- a) per la percentuale di specie estinte molto bassa (da 0 a 5% circa);

- b) per la comparsa di forme che sembrano aver preso inizio solo col Calabriano;
- c) per la presenza di forme che entrano a far parte delle faune mediterranee all'inizio del Calabriano;
- d) per la presenza di forme che attualmente non vivono più nel Mediterraneo, ma che sono diffuse in altri mari.

Essi così concludono: « D'altra parte, mentre finora il criterio per la distinzione del Calabriano dal Pliocene era basato sulla comparsa di forme di mare freddo (*Cyprina islandica*, ecc.), a S. Colombano l'inizio del Calabriano è contrassegnato dal conglomerato organogeno basale con faune di mare temperato-caldo.

In tal modo sembra che la trasgressione sia qui avvenuta prima che si facesse risentire l'influenza delle mutate condizioni climatiche, che hanno determinato l'introduzione degli ospiti freddi ».

Per tutte queste ragioni abbiamo preferito aggiungere, nella determinazione stratigrafica, dubitativamente, anche il Pliocene superiore.

#### 16) « Alluvioni Quaternarie »

La suddivisione delle alluvioni quaternarie che occupano tanta parte del foglio Pavia, è basata su considerazioni morfologiche e lito-stratigrafiche.

Quanto alle condizioni morfologiche, osserviamo che il fenomeno di terrazzamento delle alluvioni appare ben evidente fra il Colle di S. Colombano al Lambro e le colline di Stradella-Castel S. Giovanni.

Lungo questa direttrice, partendo da S e procedendo verso N, si nota (vedi fig. 1) che:

- a) a S del Po il livello di alluvioni più alto è quello di Case Bruciate (quota 195), Fornello (201) e Seminò (191), al quale non sembra corrispondere un terrazzo ben definito;
- b) un orlo di terrazzo si ha invece a Case Montenato (162), Torrone (155) e a quota 159 a S di Ganaghello (*piano di Case Montenato*);
- c) un altro terrazzo è evidente a C. Bosco (138) e a Villa Bosco (137) (*piano di Villa Bosco*);

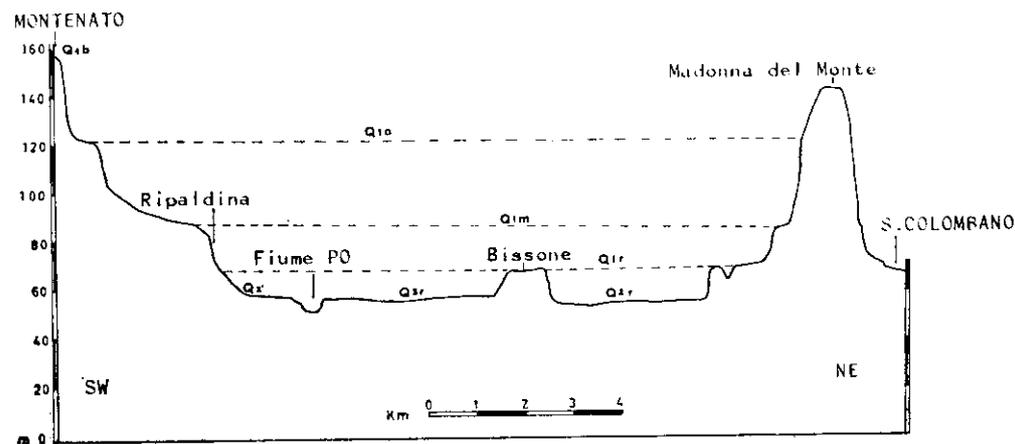
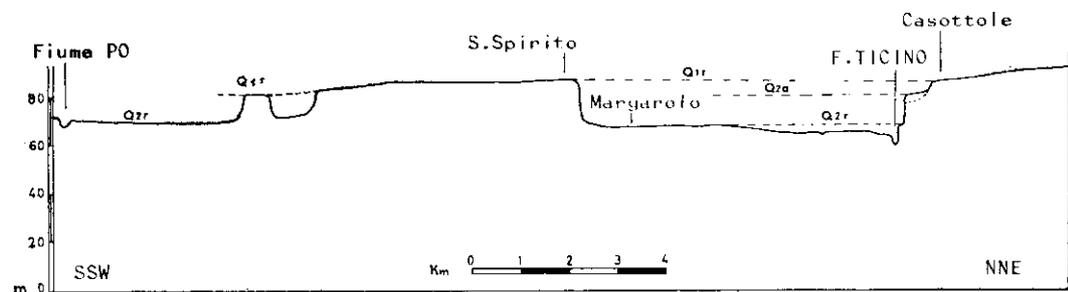
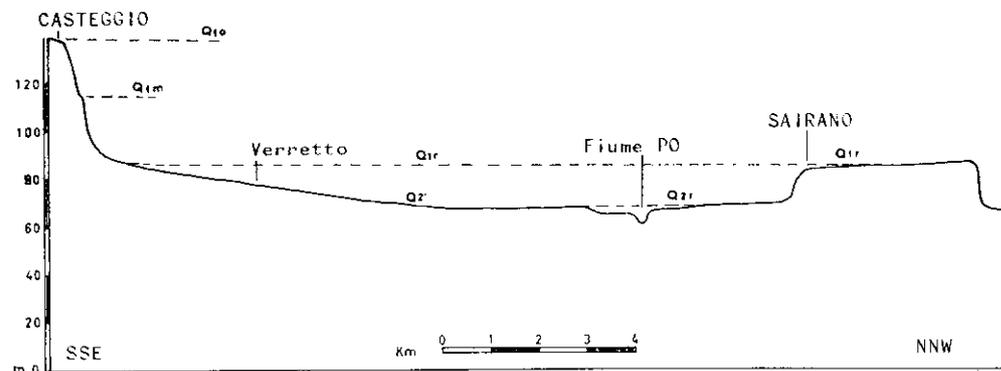


Fig. 1 — Profili morfologici per le correlazioni tra le alluvioni quaternarie del F° 59 (Pavia) a Nord e a Sud del Po.

- d) un terzo terrazzo è quello di Bosnasco (124) e C. Galuppa (121) (*piano di Bosnasco*);
- e) ben sviluppato è poi il terrazzo che si può seguire ininterrottamente da Stradella (101) sin oltre Castel S. Giovanni (*piano di Stradella*);
- f) dal piede del terrazzo di Stradella un piano degrada pressoché continuo sino al Po, al quale si affaccia con un certo salto; solo in alcuni punti è possibile riconoscere tracce di un terrazzino intermedio (*piano di Ripaldina*);
- g) a N del Po esiste un ripiano con valori altimetrici oscillanti attorno a quota 60 (*piano di S. Zenone Po*);
- h) un terrazzo ben evidente, con altezze di 10-15 metri, separa questo ripiano da quello di S. Cristina e Bissone (71) (*piano di S. Cristina e Bissone*);
- i) procedendo ulteriormente verso N, si incontrano i resti di un terrazzo il cui brandello più alto, nei pressi di Invernino, raggiunge quota 82; nel suo sviluppo attorno al Colle di S. Colombano al Lambro sembra toccare anche quote sui 90-95 m. (*piano di Invernino*);
- l) un secondo ben evidente terrazzo si può riconoscere al Colle di S. Colombano al Lambro nella zona di C. Belgioioso, con una quota massima sui 120 m. (*piano di C. Belgioioso*);
- m) il terrazzo più alto si sviluppa nel foglio Piacenza e si aggira sui 145 m. (*piano della Madonna del Monte*).

Buona corrispondenza altimetrica sembra aversi fra i terrazzi di C. Belgioioso e di Bosnasco e fra quelli di Invernino e Stradella.

E' necessario completare il quadro osservando che il piano di S. Cristina e Bissone è quello che viene comunemente indicato come «livello principale della pianura» e si continua verso W, a N del Po e del Ticino. Il piano di S. Zenone Po, infine, è quello della zona inondabile e come tale si può seguire facilmente sulla sponda sinistra del Po e lungo il Ticino.

Sulla sponda sinistra (entro l'area del foglio Pavia) del Ticino, fra

i due piani suddetti, se ne delinea un altro (che chiameremo *piano del M. Nuovo di Besate*), più basso di una decina di metri rispetto al «livello principale della pianura», e che si continua unitario verso SE dalla zona della Zelata a Torre d'Isola, riducendosi a dislivelli, rispetto al «livello principale della pianura», dell'ordine di 5 m.; nella zona di Valle Salimbene, fra il «livello principale della pianura» e il piano inondabile si ha una serie di terrazzetti (se ne contano tre).

E' molto difficile, per la regione pavese, fare una *stratigrafia* delle alluvioni. Buoni spaccati naturali ed artificiali si possono osservare, in genere, soltanto al di sotto del «livello principale della pianura», lungo il Po e il Ticino, là dove l'erosione laterale dei predetti fiumi mantiene ripide e nude scarpate o là dove l'uomo sfrutta il salto fra il suddetto livello e il piano inondabile per cavare sabbie e ghiaie.

Per altri ripiani, come del resto anche per il «livello principale della pianura» a distanza dai suddetti orli di terrazzo, i dati sono, salvo eccezioni, quelli di superficie, peraltro non molto abbondanti per la presenza delle coltivazioni, e quelli di eventuali perforazioni.

Ma difficile è riconoscere nelle «colonne stratigrafiche» di una perforazione le manifestazioni delle alterne vicende di erosione e di deposizione.

Illustriamo qui di seguito succintamente la natura delle alluvioni di superficie dei livelli morfologici già citati.

Osserviamo che:

- 1) tra le alluvioni più alte dei colli oltrepadani si trovano, localmente, dei conglomerati fortemente alterati;
- 2) sul piano di Case Montenato sono stati raccolti campioni di argille molto siltose di color bruno o rossastro;
- 3) campioni dei piani di Villa Bosco e di Bosnasco sono risultati costituiti da silt argilloso di color giallo-rossastro con patine manganesifere;
- 4) sul piano di Stradella sono stati raccolti campioni classificati come silt argilloso-sabbioso o come argilla siltoso-sabbiosa, di color grigio-bruno tendente al giallastro;

- 5) il piano di Ripaldina (« livello principale della pianura oltrepadana ») è essenzialmente argilloso, localmente con sabbie e ghiaie;
- 6) il piano inondabile del Po è costituito da ghiaie, sabbie e argille; localmente si hanno anche torbe;
- 7) il piano del Molino Nuovo di Besate presenta in superficie ghiaie anche grossolane, che hanno un certo grado di alterazione;
- 8) il « livello principale della pianura cispadana », entro l'area del foglio Pavia, è essenzialmente sabbioso, pur non mancando plaghe limose e argillose; le sabbie, in superficie, si presentano alterate in color giallo-bruno;
- 9) il piano di Invernino appare costituito essenzialmente da sabbia fine di color bruno-giallastro;
- 10) dal piano di C. Belgioioso sono stati prelevati dei campioni di silt di color bruno-rossastro;
- 11) sul piano della Madonna del Monte affiorano sabbie siltose a matrice argillosa, di color ocreo.

Purtroppo non è possibile dire se, fra i molti livelli di alluvioni considerati, ne esistano di pura erosione e quali essi siano e, per gli altri, che potenza abbiano le nuove alluvioni al di sopra delle precedenti.

L'unico caso in cui i rapporti sembrano chiari è quello del terrazzo del Molino Nuovo di Besate, dove le ghiaie di superficie appaiono deposte, dopo erosione, sulle sabbie che formano l'ossatura fondamentale del « livello principale della pianura » e affiorano alla base del terrazzo.

Per le datazioni ricordiamo innanzitutto le distinzioni degli AA. precedenti: il TARAMELLI [1916], seguendo lo STELLA [1895], separa *Alluvium* da *Diluvium*; quest'ultimo viene diviso in antico e recente; SACCO [1928] distingue un *Diluvium* pleistocenico e divide l'Olocene in « Terrazziano » ed *Alluvium*; al « Terrazziano » attribuisce il « livello principale della pianura », considerato *Diluvium recente* dal TARAMELLI; il *Diluvium* del SACCO viene quindi a corri-

spondere al *Diluvium antico* del TARAMELLI; DESIO [1938] nella sua carta geologico-agraria della Provincia di Milano, la quale comprende una piccola parte dell'area del foglio Pavia, divide il *Diluvium* in *antico, medio, recente*.

GABERT [1962] distingue « terrasses du quaternaire supérieur », « terrasses du quaternaire moyen » e « terrasses du quaternaire inférieur ».

Nelle riunioni di Milano del 10 aprile e del 6 luglio 1962, la « Commissione per il Quaternario Padano », nominata dal Comitato Geologico, decideva l'adozione, per le alluvioni quaternarie, di uno schema stratigrafico nel quale era contenuto come elemento base la corrispondenza fra « livello principale della pianura » e « *Diluvium recente* ».

Accolto questo principio per il foglio Pavia, fu necessario classificare i terrazzi sovrastanti e sottostanti al « livello principale della pianura ».

Al Colle di S. Colombano, STELLA [1915] e TARAMELLI [1916] segnavano *Diluvium antico*, distinto dal *Diluvium recente* del « livello fondamentale della pianura », il SACCO [1928] *Diluvium*, come Pleistocene separato dal « Terrazziano » olocenico; il DESIO [1938] *Diluvium antico*, come termine, questa volta, di una tripartizione del *Diluvium*; anche il GABERT [1962] segna al Colle di San Colombano al Lambro solo « terrasses du quaternaire inférieur ».

A noi è sembrato logico distinguere, nell'almeno triplice terrazzamento (per un dislivello di una settantina di metri) del Colle di S. Colombano al Lambro, al di sopra del « livello principale della pianura », anche un *Diluvium medio*, tanto più che, come si è visto, la natura delle alluvioni del piano di Invernino è ben diversa da quella degli altri due. Questi sono stati attribuiti al *Diluvium antico*.

Altro grosso problema fu quello del collegamento con la zona a S del Po, problema reso ancor più grave dalla diversa natura dei terreni.

A questo proposito le carte degli AA. precedenti non sono concordi e soprattutto una si stacca dalle altre, quella del SACCO [1928]. Infatti, mentre STELLA [1915] e TARAMELLI [1916] indicano, sia

pur con diversa ampiezza, ai piedi delle colline da Casteggio a Broni, *Diluvium recente*, e attribuiscono il terrazzo di Stradella al *Diluvium antico*, SACCO [1928] segna tutta la pianura a S del Po come *Alluvium* e considera il terrazzo di Stradella come «Terrazziano» e limita il *Diluvium* ai terrazzi di Bosnasco e sovrastanti; nella zona di Casteggio il «Terrazziano» mancherebbe completamente.

La carta del GABERT [1962] non raggiunge l'area del foglio Pavia a S del Po; però nella contigua zona di Voghera, attribuisce gran parte della pianura padana alle «terrasses du quaternaire supérieur».

A questo proposito ci sembra impossibile il collegamento, voluto dal SACCO, del terrazzo di Stradella con quello di S. Cristina e Bissone; c'è un dislivello fra gli orli dei due terrazzi, nella parte occidentale, dell'ordine di una ventina di metri, che non si può spiegare con una maggior pendenza dello stesso piano a S del Po, in quanto il terrazzo di Stradella ha una inclinazione all'incirca uguale a quella del piano di S. Cristina e Bissone; inoltre il piano di Stradella sembra corrispondere a quello che si sviluppa attorno al Colle di S. Colombano al Lambro, al di sopra del piano di S. Cristina e Bissone; così come il terrazzo di C. Belgioioso corrisponde a quello di Bosnasco, e il piano della Madonna del Monte a quello di Case Montenato.

Indicato il piano di S. Cristina e Bissone come *Diluvium recente*, sono stati distinti quelli di Invernino e Stradella come *Diluvium medio*; quelli di C. Belgioioso e di Bosnasco e quello di Villa Bosco sono stati attribuiti al *Diluvium antico*; nei colli oltrepadani sono state poi distinte come *Diluvium basale* le alluvioni del piano di Case Montenato e quelle di Case Bruciate. A tutte queste attribuzioni è legato un grado maggiore o minore di incertezza; i singoli livelli di alluvioni sono stati quindi così definiti:

**Q1b** - (a sud del Po) « *Alluvioni non ben terrazzate, ricoprenti le zone più elevate delle colline preappenniniche: (Diluvium basale?)*.

*Ghiaie alterate, sabbie e limo ferrettizzato ».*

**Q1a** - (a nord del Po) « *Alluvioni dei terrazzi alti (due) del Colle di S. Colombano: (Diluvium antico)*.

*Sabbie molto alterate commiste a limo ferrettizzato ».*

(a sud del Po) « *Alluvioni dei terrazzi alti (due), raccordabili con quelli del Colle di S. Colombano: (Diluvium antico?)*.

*Sabbie molto alterate, commiste a limo ferrettizzato; localmente ghiaie ».*

**Q1m** - (a nord del Po) « *Alluvioni del primo livello sopra la superficie principale della pianura (Colle di S. Colombano): (Diluvium medio?)*.

*Sabbie, limo argilloso, localmente ghiaie, con alterazione superficiale notevole ».*

(a sud del Po) « *Alluvioni del terrazzo raccordabile altimetricamente con quello indicato come Q1m al Colle di San Colombano: (Diluvium medio?)*.

*Sabbie, limo argilloso, localmente ghiaie, con alterazione notevole; talora ricoperte da alluvioni più recenti difficilmente distinguibili ».*

Abbiamo aggiunto quest'ultima specificazione in quanto nelle depressioni della superficie del terrazzo di Stradella, in corrispondenza dei corsi d'acqua, non ci siamo sentiti di segnare e delimitare le eventuali alluvioni più recenti per l'impossibilità di riconoscerle litologicamente e per la possibilità che le depressioni stesse siano di pura erosione.

**Q1r** - (a nord del Po) « *Alluvioni della superficie principale della pianura: (Diluvium recente); talora ricoperte localmente da limi successivi, difficilmente distinguibili*.

*Ghiaietto, sabbie e limo argilloso alterati nella parte superficiale; banchi di argilla. Dossi (d) ».*

La specificazione « talora ricoperte localmente da limi successivi, difficilmente distinguibili » è stata introdotta in quanto alcuni dei corsi d'acqua, per esempio l'Olonza, hanno un tratto superiore (fuori della area del foglio Pavia) in cui sono incassati in terrazzi decrescenti da monte a valle, poi un tratto finale in cui sono di nuovo incassati, ma con terrazzi crescenti da monte a valle; esiste però anche un tratto intermedio in cui essi scorrono sul « livello principale della pianura » e nel quale le alluvioni postglaciali, più o meno fini e abbondanti, sono state deposte sopra quelle del *Diluvium recente*.

Un aspetto caratteristico del « livello principale della pianura cispadana » è offerto dai cosiddetti « dossi »; essi sono stati segnati sulla carta con la sigla **d** nelle zone di Trivolzio, del Boschetto di Torre d'Isola e in quella di Borgarello; non sono stati riportati quelli di Roncaro, indicati nella precedente edizione del foglio, poichè essi non esistono più essendo stati spianati. Trattasi di rilievi sabbioso-ciottolosi, relitti, un tempo più diffusi, della antica morfologia del « livello principale della pianura », corrispondenti a rilievi duniformi in relazione colle acque correnti e allungati nel senso delle direzioni di flusso (BONI [1957]). GABERT [1962] vuole tuttavia vedervi un notevole influsso dell'azione eolica.

Il « livello principale della pianura oltrepadana » non può corrispondere in tutta la sua estensione a quello cispadano, né sembra essere il prodotto di pura erosione dei terreni diluviali recenti e non può quindi essere attribuito al *Diluvium recente*; né esso sembra essere ricoperto in tutto il suo sviluppo dalle alluvioni del *Diluvium tardivo* o dell'*Alluvium antico*, così da poter essere contrassegnato da uno di questi nomi; esso sembra corrispondere localmente all'una o all'altra di queste condizioni: perciò abbiamo preferito distinguerlo con una tinta e una sigla a sé, con la seguente didascalia:

**Q2'** - (a sud del Po) « *Alluvioni formanti la superficie principale della pianura che si insinua nelle valli appenniniche (T. Versa, T. Scuropasso) e si estende dal piano del Q2r al piede del terrazzo del Q1m; allu-*

*vioni di età diversa, comprese fra il Q1r e il Q2r, difficilmente separabili sia litologicamente sia morfologicamente.*

*Sabbie, limi, argille ».*

Si è voluto con questo indicare la possibilità che in qualche punto sia conservata la primitiva superficie del *Diluvium recente*, in altri la superficie sia di pura erosione delle alluvioni del suddetto *Diluvium*, in altri ancora su di esso sia deposto un velo o una coltre più o meno potente di alluvioni posteriori del *Diluvium tardivo* o dell'*Alluvium antico*. Quest'ultima circostanza è dimostrata dal fatto che alcuni dei corsi d'acqua, come ad es. il torrente Scuropasso, appaiono pensili rispetto alla pianura circostante ed hanno dovuto essere arginati.

Il terrazzo che si sviluppa lungo il Ticino, al di sotto del « livello principale della pianura », è stato indicato come:

**Q2a** - « *Alluvioni dei terrazzi compresi fra la superficie dell'*Alluvium recente* e la superficie principale della pianura; per lo più si tratta di alluvioni deposte dopo una fase di erosione (*Alluvium antico* o *Diluvium tardivo*); localmente invece i terrazzi sono di pura erosione.*

*Ghiaie e sabbie prevalenti ».*

Sul foglio Milano, pubblicato successivamente, è indicato come *Diluvium tardivo*.

Come tale è stato segnato anche il ripiano alluvionale depresso (localmente nettamente terrazzato) rispetto al « livello principale della pianura » lungo l'Olonza, il Lambro meridionale e il Lambro; però mentre lungo il Lambro, oltre a questo ripiano (che nel foglio Milano è segnato come *Alluvium antico*), si individua bene un piano più basso, che è quello dell'*Alluvium recente e attuale*, lungo l'Olonza il ripiano in esame si raccorda col piano delle divagazioni storiche del Po; la sua attribuzione all'*Alluvium antico* o *Diluvium tardivo* è quindi meno sicura.

Come

**Q2r** - « *Alluvioni (Alluvium recente o Alluvium s.l.) sul fondo delle incisioni fluviali.*

*Ghiaie, sabbie e limi. Torbe ».*

sono state segnate le alluvioni del piano del Ticino, al di sotto del predetto terrazzo del « **Q2a** »; questo piano si raccorda con quello lungo il Po, il cui confine settentrionale è definito, essendo costituito dal terrazzo del « **Q2r** », mentre quello meridionale non è sempre netto, in quanto non dappertutto esiste un terrazzo, per quanto ridotto, a delimitarlo.

Su questo piano Ticino e Po hanno divagato in epoche storiche, come è attestato da molti documenti.

Il 16 luglio 1965 e quindi dopo la pubblicazione del foglio, la « Commissione per il Quaternario Padano » predispose una nuova « legenda relativa ai terreni quaternari padani ». I termini furono ridotti da sei a cinque; furono eliminati i nomi di *Diluvium* e *Alluvium*. Il primo venne sostituito, per le alluvioni, da « fluvioglaciale e fluviale » distinto in antico, attribuito al Mindel, medio, assegnato al Riss, e recente, per il quale fu specificato « Würm; talora Riss II ove non separabile »; l'*Alluvium* è sostituito da « Alluvioni postglaciali », divise in *a*) antiche, e *b*) recenti ed attuali.

La sinonimia coi termini usati in precedenza appare relativamente facile: scompare però il *Diluvium tardivo* che viene suddiviso fra il *Fluvioglaciale* e il *Fluviale recente* e le *Alluvioni post-glaciali antiche*: nel foglio Pavia esso era stato già associato all'*Alluvium antico*.

Ma nella seduta del 20 maggio 1966 la stessa Commissione ammise che il livello principale della pianura ai piedi delle Prealpi bresciane potesse essere scisso, da N a S, almeno in due parti, l'una a monte, l'altra a valle della zona delle risorgive, e non escluse che, mentre la prima fosse da raccordare colle cerchie maggiori degli anfiteatri morenici, la seconda lo fosse invece colle cerchie interne.

Con ciò venne ammessa la possibilità che il « livello principale della pianura » nella zona a S delle Prealpi lombarde, prima considerato

sincrono e quindi assunto come termine di riferimento, non fosse tale, ma anzi da suddividersi, da N a S, in parti di età diversa, sempre più giovani, mentre ci si porta verso mezzogiorno.

Anche ammettendo che il « livello principale della pianura » del foglio Pavia, anziché alle cerchie maggiori sia da collegare a quelle interne, cosa che non sembra molto probabile, i terrazzi da esso emergenti al Colle di S. Colombano al Lambro, data la loro posizione e le loro caratteristiche, sembrano doversi interpretare come precedenti a tutto il « livello principale della pianura ».

Ricordo però che DESIO in due note successive [1952, 1965] ha esaminato la possibilità che i « depositi alluvionali mindeliani » di S. Colombano al Lambro siano stati portati in alto da una tardiva fase di attività orogenica.

Gli assi delle strutture sono però trasversali al colle e spostati rispetto alla quota massima.

Ad ogni modo il modellamento, anche negli aerofotogrammi, appare per piani abbastanza netti; inoltre ricordiamo che non è difficile il collegamento coi terrazzi a S del Po (fig. 1).

Nelle alluvioni quaternarie del foglio Pavia sono stati raccolti numerosi *resti fossili*, a diversi livelli e in differenti località, ma soprattutto in una, quella ben nota di Arena Po (da cui derivava il *piano Areneano* di PARETO), o meglio di S. Cipriano Po-Portalbera-Arena Po.

Prima di accennare brevemente alla ricca fauna fossile di Arena Po, vogliamo ricordare il ritrovamento, presso Casteggio, « nel costruire la via che mena a Montalto » di resti di Rinoceronte, attribuiti da DE ANGELIS D'OSSAT [1896] al *Rhinoceros (Merckianus) Etruriae* FALC. (POHLIG.). Questi resti derivano verosimilmente dai terrazzi più bassi del *Diluvium antico*.

Un bel cranio, considerato lectotipo, di *Bison (Simobison) priscus* BOJ. e recentemente descritto da SACCHI VIALLI [1955], porta l'indicazione « Colli dell'Oltrepo pavese », per cui non si può dire se sia stato trovato entro l'area del foglio Pavia e a quale dei livelli precedenti al *Diluvium recente*.

Nelle alluvioni della Fontana di Annibale (*Diluvium medio* della nostra carta) sono stati trovati anche un calcagno di *Bison* sp. e un radio-ulna di *Bos* sp.

La fauna fossile di S. Cipriano Po-Portalbera-Arena Po, comprende (ZUFFARDI P. [1911], PATRINI [1926], SACCHI VIALLI G. [1950, 1955], SACCHI VIALLI G. e PIZZOCHERO M. L. [1958]):

<i>Cervus euryceros</i> ALD.	<i>Rhinoceros mercki</i> JAEG.
<i>Cervus megaceros italiae</i> POHLIG.	<i>Rhinoceros</i> sp.
<i>Cervus elaphus</i> L.	<i>Equus caballus</i> LINNÉ
<i>Cervus elaphus maral</i> OGILBY	<i>Elephas meridionalis</i> NESTI
<i>Alces machlis</i> OGILBY	<i>Elephas antiquus</i> FALC.
<i>Bison (Simobison) priscus</i> BOJ.	<i>Elephas primigenius</i> BLUM.
<i>Bison</i> sp.	<i>Elephas trogontherii</i> POHLIG?
<i>Bos primigenius</i> BOJ.	<i>Canis</i> sp.
<i>Bos</i> sp.	<i>Homo</i> sp.
<i>Hippopotamus amphibius</i> LINNÉ	

Il presunto *Eridanosaurus brambillae* BALS. CRIV. [1864] è risultato invece essere una vertebra di Rinoceronte [BONI, 1943].

Come già era stato osservato dal TARAMELLI [1916], la fauna di Arena Po comprende elementi di significato stratigrafico vario (ad es. accanto all'*Elephas meridionalis* abbiamo il *primigenius*) e in condizioni di fossilizzazione ben diverse; ciò verosimilmente deriva dalla esistenza nella zona di uno sperone di roccia, prolungamento di quello di Stradella, che funzionava ad un certo livello da sfioratore delle acque e tratteneva le carogne di animali fluitate; successivi ritorni a quel livello hanno portato al rimaneggiamento dei resti prima depositati e al loro mescolamento con avanzi più recenti.

#### 17) - « Sfaticcio argilloso e smottamenti »

Nelle colline oltrepadane si è ritenuto opportuno distinguere con un segno convenzionale particolare alcune zone, soprattutto dei bassi versanti dei rilievi, nelle quali i processi naturali di disaggregazione e

di smottamento e quelli artificiali di sistemazione e coltivazione dei terreni argillosi, rendono incerti o addirittura impossibili la valutazione dei rapporti fra i terreni e il tracciamento dei limiti.

## V - TETTONICA

E' opportuno distinguere la tettonica di superficie (triangolo collinare Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino), desumibile dai dati rilevabili sul terreno, da quella profonda, che si può ricavare dai risultati della prospezione geofisica e delle perforazioni: ovviamente questi sono dovuti essenzialmente all'Agip Mineraria.

#### 1) La tettonica del « calcare di Pietra dei Giorgi »

Secondo SACCO [1930] i calcari eocenici sono modellati in pieghe, aventi al nucleo le argille scagliose cretacee e passanti dalla direzione NW alla WSW.

Nella carta dell'AGIP [1963] i terreni a S della fascia marginale miocenica e pliocenica sono indicati come « calcare di M. Dosso » (Cretaceo-Eocene) e sono considerati *alloctoni*. Come s'è visto, in realtà sono presenti anche termini oligocenici; più a SW (foglio 71 - Voghera), nella stessa carta, anche questi sono inclusi nell'alloctono: essi però appaiono legati fra di loro e a quelli del bacino terziario del Piemonte e la loro tettonica presenta deformazioni intense lungo determinate direttrici, anche con limitati ricoprimenti, ma senza vere traslazioni di masse; non si può quindi parlare di una loro alloctonia (BONI [1957, 1961, 1962]).

Non ci sono viceversa elementi definitivi per escludere l'alloctonia prima dell'Eocene superiore del « calcare di Pietra dei Giorgi »; però fra « alberese » e copertura oligo-miocenica sembra non esistere hiatus o essercene uno molto ridotto.

Purtroppo non è possibile individuare, entro l'area del foglio Pavia, una chiara struttura del « calcare di Pietra dei Giorgi ».

La continuazione dell'affioramento nel contiguo foglio Voghera, dove sono più ampiamente presenti i terreni dell'Eocene superiore e dell'Oligocene, sembra indicare una struttura a pieghe, che dalla direzione assiale NW passano, verso la pianura fra Casteggio e Broni, a quella W.

### 2) *Il contatto fra il «calcare di Pietra dei Giorgi» e i terreni neogenici*

Tale contatto appare tettonico: infatti esso è troppo ripido e le formazioni della serie neogenica che si incontrano lungo di esso non sono sempre le più antiche, nè esse presentano sempre strati pendenti verso la pianura perchè lo si possa interpretare come stratigrafico.

Caratteristico è l'andamento generale di questo contatto che può essere suddiviso in due tratti: l'uno, da Oliva Gessi a Pozzolo, avente direzione ENE, l'altro, da Pozzolo a Ziano Piacentino, a direzione globale SE. Il primo tratto è più uniforme, il secondo è suddiviso da faglie trasversali a direzione NE. A Oliva Gessi la suddetta linea di contatto è tagliata pressochè ortogonalmente da una faglia, a direzione N, proveniente dalla zona di Calvignano (foglio 71 - Voghera) e continuantesi anche nei terreni neogenici.

L'immersione della superficie di contatto non è sempre la stessa: talora appare a spianapoggio (sulla carta: linea di contatto in bleu), talora a reggipoggio (linea di contatto in rosso); ma anche questa distinzione è relativa, poichè la superficie di contatto è complessa e va suddivisa in singoli tratti; dipende dalla suddivisione stessa il considerarla a spianapoggio o a reggipoggio. Rimane comunque il fatto che essa è sempre prossima alla verticale.

### 3) *La tettonica dei terreni neogenici*

Le non indifferenti modifiche apportate dal nuovo rilevamento alla distribuzione superficiale dei terreni conducono ad una nuova interpretazione tettonica della zona.

Nelle precedenti carte del TARAMELLI [1916] e del SACCO [1928] una serie regolare dal Tortoniano all'Astiano, con strati immergenti verso la pianura, appare sovrapposta ai calcari a Fucoidi eocenici; il contatto è interpretato come dovuto a discordanza stratigrafica.

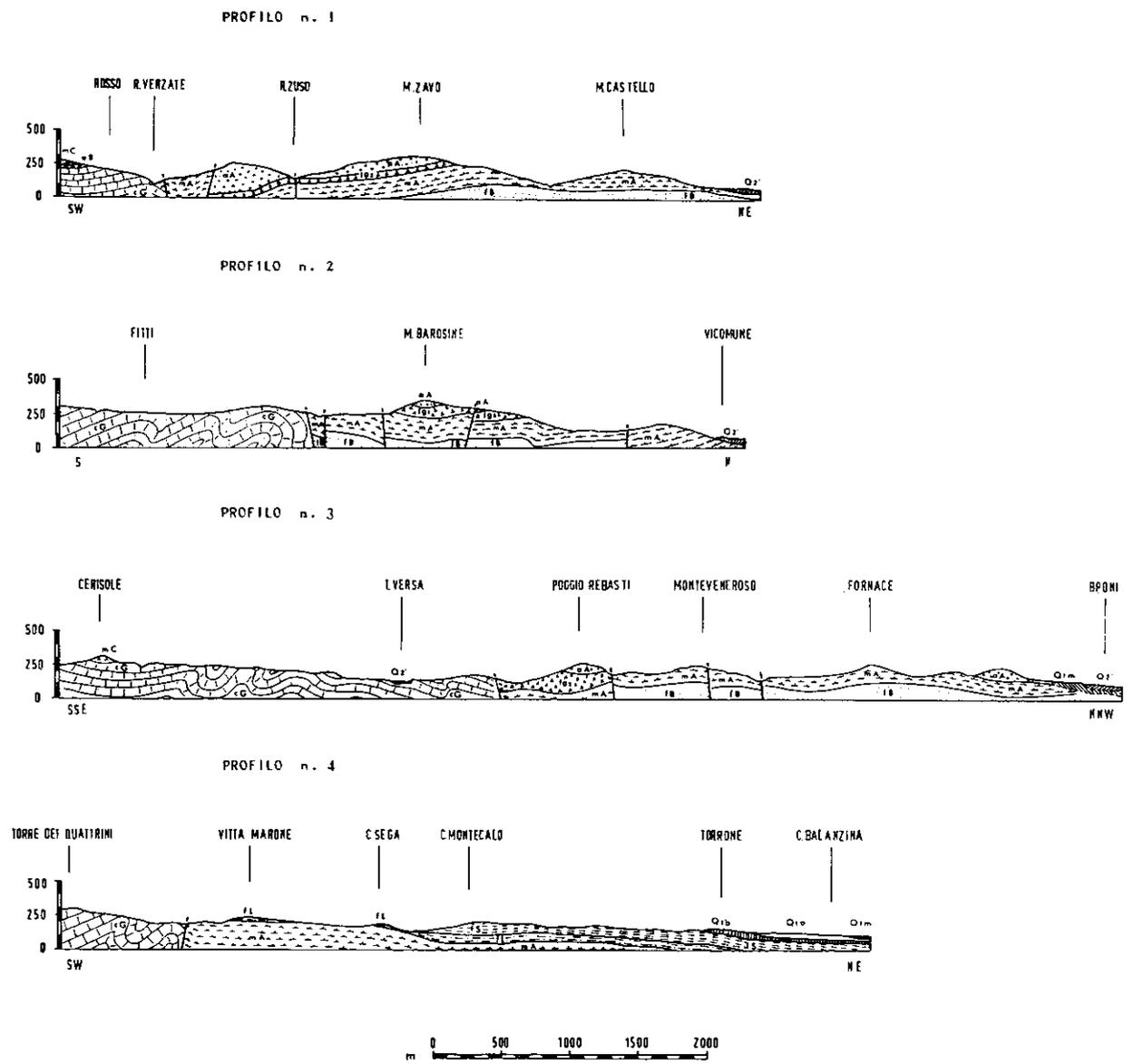


Fig. 2 — Sezioni geologiche indicative della zona collinare del F<sup>2</sup> 59 (Pavia).

L'andamento degli affioramenti di Miocene e di Pliocene e le loro caratteristiche permettono invece di riconoscere i seguenti elementi strutturali (vedi fig. 2):

a) una zolla monoclinale o blandamente sinclinale, l'orlo essendo leggermente rialzato, nella zona da Gessi a Casteggio;

b) una faglia o più faglie a direzione NNE, che separano la zolla suddetta dalla seguente: esse sono la continuazione di quelle che limitano il « calcare di Pietra dei Giorgi » a W di Oliva Gessi. A proposito di questa faglia è molto interessante ricordare i dati forniti dalla perforazione « Torricella Verzate » dell'Agip: dopo 24 m. di alluvione e 80 m. di Quaternario marino, è stato attraversato il Tortoniano per uno spessore di 1020 m.; la zona occidentale deve quindi essersi fortemente abbassata per una faglia o per un sistema di faglie probabilmente inverse e verosimilmente molto inclinate.

A questa faglia (o a questo sistema), che chiameremo di Torricella Verzate, competono verosimilmente un'importanza strutturale e una continuità maggiori di quelle che appaiono dalla carta, e probabilmente essa continua con carattere analogo sotto le alluvioni (*faglia vogherese*);

c) una blanda anticlinale con nucleo in « marne di S. Agata Fossili » diretta all'incirca a E e disturbata da piccole faglie;

d) un motivo sinclinale parallelo al precedente, con nucleo in « arenarie di M. Arzolo » fra Castello di S. Giulietta e Mornico Losana; ulteriori accenni a una siffatta struttura si hanno più a ENE;

e) un motivo particolare da Ziano Piacentino a Zenevredo ed a Stradella con nucleo in « marne di S. Agata Fossili » e asse diretto a SW: a Ziano Piacentino, a Luzzano, a Rovescala, a San Damiano al Colle e a Vitta Marone affiora la « formazione di Luzzano » con strati suborizzontali; essa, più inclinata, si ritrova più a NE, da Cascina Vecchia al T. Bardonezza, a separare le « marne di S. Agata Fossili » dalla « formazione di Sparano », disegnando così una flessura a inclinazione crescente; dal T. Bardonezza verso SE si ha contatto diretto fra « marne di S. Agata Fossili » e « formazione di Sparano ».

Le strutture predette sembrano poi interessate da un complesso di faglie longitudinali e trasversali, che, peraltro, sono difficili da precisare per le ragioni mostrate nell'introduzione.

Il GANDOLFI [1948] segna una faglia a direzione N-S in corrispondenza alla valle Scuropasso (« *faglia dello Scuropasso* ») ed una probabile parallela alla prima, nella val Versa (« *faglia del Versa* »): le nostre ricerche però ci hanno portato a riconoscere dei disturbi trasversali alle suddette valli e non longitudinali; anche l'AGIP [1963] non segna faglie lungo le due valli.

#### 4) *La tettonica del Colle di S. Colombano al Lambro*

I terreni del Colle di S. Colombano sono stati attentamente esaminati, come condizioni di giacitura, in tutti i loro affioramenti naturali e anche in pozzetti appositamente scavati, da PORRO e ANELLI [1928]: da questo studio è risultato per i terreni più antichi (« marne di S. Agata ») una tettonica ben diversa da quella dei terreni più recenti (« formazione di S. Colombano »).

Mentre quest'ultima presenta ovunque pendenze e immersioni tali da mostrare « un leggero sollevamento anticlinale », le marne sottostanti hanno prevalente immersione a S e SSW, con inclinazioni variabili, talora prossime alla verticale. E' quindi evidentissima la discordanza geometrica.

#### 5) *La tettonica sepolta*

Essa è illustrata dalla « Carta della base del Pliocene » (vedi fig. 3) e dallo « Schema strutturale della pianura padana » pubblicati dall'AGIP nel 1957-59.

Elemento fondamentale è la *faglia vogherese*, diretta a NNE, che separa una zona orientale, nella quale il corrugamento della base del Pliocene ha tipico andamento appenninico (NW-SE), da una zona a W, più bassa, nella quale la massima depressione della base del Pliocene si ha in corrispondenza alla *sinclinale pavese*, che ha direzione NE.

I dati fornitici dall'Agip Mineraria, in base a nuove ricerche e riportati sul foglio Pavia, indicano un andamento e un carattere della

*faglia vogherese*, nel suo tratto SW, diversi da quelli che essa ha nella suddetta carta; infatti la faglia diretta si arresta nella zona di Barbianello; a S di Pinarolo Po, si manifesta una faglia inversa che piega gradatamente verso W, passando a N di Casteggio e di Voghera.

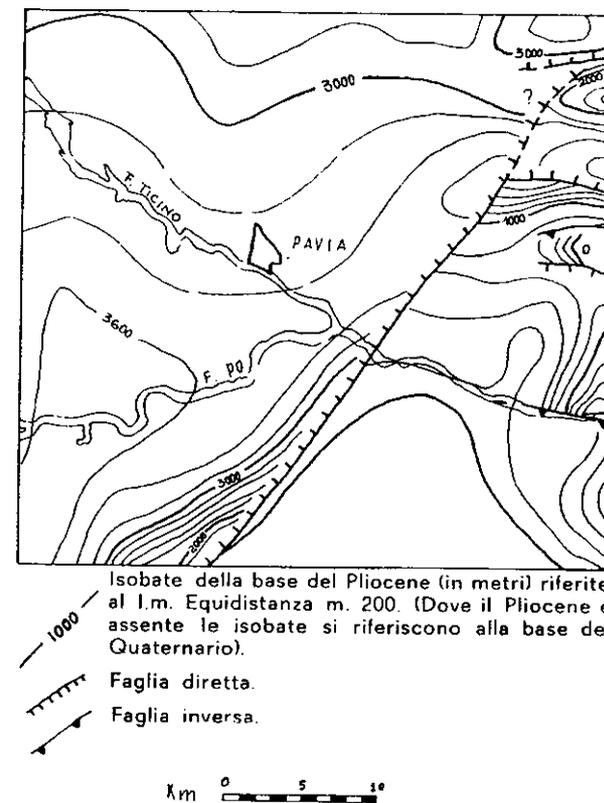


Fig. 3 — Carta della base del Pliocene secondo l'A.G.I.P. Mineraria (da « I giacimenti gassiferi dell'Europa occidentale », Acc. Naz. Lincei, Roma, 1959).

Un altro elemento strutturale è stato riconosciuto in questa zona: la *faglia inversa di Retorbido*, che, almeno in parte, corrisponde ad un

tratto della vecchia *faglia vogherese*. Fra le due è stata riconosciuta la *anticlinale di Casteggio*.

Si noti anche come nel foglio Pavia la *faglia vogherese* si colleghi direttamente con quella a direzione appenninica passante tra Villanterio e S. Angelo Lodigiano e non ne sia più segnata la continuazione a N di Villanterio.

A NW della *faglia vogherese* è presente la *sinclinale pavese* con direzione SW-NE sino a Maghero, dove passa, nel nuovo schema, alla W-E nella zona di S. Angelo Lodigiano.

A SW della *faglia vogherese* è stato ora riconosciuto un nuovo elemento anticlinale a direzione NE, col quale dovrebbero essere in relazione anche gli affioramenti di S. Cipriano Po-Portalbera.

Lungo il margine orientale del foglio, procedendo da SSW a NNE, si hanno dapprima i terreni terziari affioranti nelle condizioni tettoniche illustrate, poi i seguenti elementi strutturali sepolti a direzione W-E, interessati dalla sezione C-D riportata in calce al foglio:

- 1) l'*anticlinale di Ripaldina*
- 2) la *faglia inversa di Arena Po*, che dovrebbe interessare soltanto la parte basale del Pliocene inferiore
- 3) la *faglia diretta di Miradolo*
- 4) l'*anticlinale di S. Colombano*
- 5) la *faglia inversa di Inverno*
- 6) l'*anticlinale di Villanterio*
- 7) la *faglia diretta* fra Villanterio e S. Angelo Lodigiano, continuazione W-E della *faglia vogherese*
- 8) la *sinclinale di S. Angelo*, continuazione W-E della *sinclinale pavese*
- 9) la *faglia diretta di Castiraga*
- 10) l'*anticlinale di Corneliano*
- 11) la *faglia diretta di Lodi*

#### 6) *Le fasi orogenetiche*

E' evidente la discordanza del Quaternario marino su terreni vari che vanno dal Tortoniano al Pliocene medio-superiore.

Nei profili dell'Agip è indicata localmente anche una discordanza del Pliocene medio-superiore rispetto al Pliocene inferiore o addirittura al Tortoniano.

Quanto al passaggio fra Tortoniano e Pliocene inferiore, esso è contrassegnato dalla presenza della « formazione gessoso-solfifera » nella zona a W di Zenevredo, dalla « formazione di Luzzano » a E di questa località e da un contatto diretto nella zona di Ziano Piacentino. La sezione C-D dell'AGIP indica discordanza del Pliocene inferiore sul Tortoniano.

Nel pozzo Stradella 1 fra Tortoniano ed Elveziano esiste un livello conglomeratico, mentre Elveziano e Miocene inferiore sembrano in successione indisturbata.

Ciò porta ad ammettere una deformazione progressiva dal Miocene superiore al Calabriano e, secondo DESIO [1952, 1965], anche al Pleistocene medio.

Localmente non si hanno dati sicuri sulle deformazioni precedenti, il contatto fra serie neogenica e terreni più antichi essendo tettonico e i lembi eocenici superiori-oligocenici troppo ridotti per un chiaro giudizio sui loro rapporti col « calcare di Pietra dei Giorgi ».

## VI - GEOMORFOLOGIA

### 1) *La collina*

Nel triangolo collinare Casteggio-Stradella-Ziano Piacentino si possono distinguere due parti geomorfologicamente diverse: una interna, corrispondente al vasto affioramento del « calcare di Pietra dei Giorgi », l'altra, esterna, costituita dalla fascia dei terreni neogenici.

Nella prima, data la natura dei terreni, il modellamento è uniforme e dolcemente degradante nel complesso verso NE e, localmente, fra il Rile San Zenò e il T. Versa, più bruscamente, anche verso NW.

Nella seconda parte invece la morfologia è più varia per l'affiorare di terreni diversamente resistenti all'azione denudatrice e in differenti

condizioni di giacitura. In questa fascia periferica si possono inoltre distinguere tre zone a morfologia non del tutto uguale: quella centrale, tra il Rile Verzate e il T. Versa, è condizionata morfologicamente dalla giacitura dei terreni neogenici, che è per lo più suborizzontale, e dalla presenza alla sommità della serie di termini arenacei e conglomeratici. Queste circostanze fanno sì che in detta zona i rilievi si mantengano a quote relativamente elevate sino al bordo della collina e si affaccino ripidi sulla pianura sottostante e che i cocuzzoli dei colli corrispondano agli affioramenti delle suddette rocce arenaceo-conglomeratiche. Nelle due zone estreme invece, quella da Casteggio a Corvino San Quirico e quella da Stradella a Ziano Piacentino, i terreni sono più inclinati, immergendo verso la pianura, e prevalentemente argillosi: di conseguenza le colline degradano più dolcemente verso la pianura. Tuttavia da Vitta Marone a Ziano Piacentino, si fa sentire l'influenza dell'affiorare della « formazione di Luzzano », con strati poco inclinati, nel determinare i cocuzzoli su cui si trovano i centri abitati di Vitta Marone, S. Damiano al Colle, Rovescala, Luzzano, Ziano Piacentino.

La grande faglia periferica che separa il « calcare di Pietra dei Giorgi » dalla fascia dei terreni neogenici ha quindi un certo risalto morfologico, soprattutto nella parte centrale.

Quanto al carattere del margine della collina, osserviamo che nella zona di Casteggio vengono in superficie i terreni del Quaternario marino, che, più o meno gradualmente, si abbassano sotto le alluvioni quaternarie.

A Torricella Verzate si incontra la già citata faglia trasversale, proveniente dalla zona di Calvignano, che porta in affioramento, lungo il margine appenninico, da S. Giuletta alla valle del T. Scuropasso, le « marne di S. Agata Fossili » con strati suborizzontali. Mancano dati di perforazioni sufficientemente profonde nella pianura antistante.

All'incirca a Vescovera di Broni comincia l'asse di un'anticlinale profonda messo in evidenza dall'AGIP; le isobate della base del Pliocene (vedi fig. 3) indicano tutta questa zona, sino alla *faglia vogherese*, come strutturalmente elevata: è quindi verosimile che i terreni di superficie si continuino al di sotto delle alluvioni senza grossi disturbi e che il margine appenninico sia di pura erosione.

Quanto al margine di NE, da Stradella a Ziano Piacentino, esso corrisponde ad un graduale abbassarsi verso NE dei terreni neogenici.

In conclusione il margine appenninico, non sembra corrispondere ad un elemento strutturale, ma derivare da erosione.

## 2) *Morfologia del substrato delle alluvioni*

E' interessante dare un rapido sguardo alla morfologia del substrato della coltre delle alluvioni quaternarie: purtroppo scarsi sono i dati disponibili per questo scopo, pochi essendo i pozzi profondi per ricerche di idrocarburi e poche, e del tutto marginali, le perforazioni per ricerche d'acqua o per altri scopi che lo raggiungano.

Tracciate due sezioni ideali all'incirca rettilinee a direzione N-S, l'una passante per Pavia e l'altra per S. Cristina e Bissone, si osserva che nella prima i terreni marini, al di sotto delle alluvioni si abbassano rapidamente nella zona di Casteggio ed a Pavia non sono stati raggiunti dalla perforazione più profonda (sino a —151 m.). A Ottobiano, nel foglio Mortara, all'incirca sul parallelo di Cava Manara, l'AGIP indica lo spessore delle alluvioni in 290 m.

L'altra sezione, all'incirca N-S, passa anche per Arena Po e si può osservare che in questa località i depositi marini dovrebbero trovarsi a 10-20 m. di profondità; a Corteolona a circa 60 m. Probabilmente essi si innalzano nuovamente nella zona di Monteleone, ma il pozzo Villanterio dell'AGIP indica 150 m. di alluvioni; il pozzo Salerano 347 m.; il pozzo Melzo (nel foglio 45 - Milano) 250 m. A NW dello sperone di Stradella la colonna stratigrafica del pozzo Casanova Lonati dell'AGIP segna 200 m. di alluvioni.

Nel pozzo Stradella 1 dell'AGIP ci sarebbero 45 m. di alluvioni; nel pozzo Zagonara (Belgioioso) 65 m.

E' quindi evidente il continuarsi e il progressivo abbassarsi dello sperone morfologico di Stradella sotto le alluvioni, sino a raggiungere profondità forse sui 100 m., per poi riaffiorare nel Colle di S. Colombano al Lambro e successivamente abbassarsi rapidamente.

Verso W s'intravede una certa estensione dello sperone e poi un rapido abbassamento.

### 3) *Morfologia delle alluvioni*

E' opportuno osservare innanzitutto che, per le condizioni illustrate nel paragrafo precedente, le alluvioni più antiche di quelle del « livello principale della pianura » si trovano, nella collina, soltanto nelle zone estreme di Casteggio-Corvino S. Quirico e Stradella-Ziano Piacentino, mentre mancano in quella centrale, date le quote che essa mantiene sino al margine della pianura.

Già abbiamo detto delle quote raggiunte dalle singole alluvioni nella collina e al Colle di S. Colombano al Lambro e del loro terrazzamento. Il Colle di S. Colombano è stato completamente sommerso dal *Diluvium basale*, mentre è venuto via via delineandosi nelle fasi successive.

Il piano del *Diluvium medio*, prolungandosi oltre Stradella verso Broni e verso la Valle del T. Scuropasso, comincia ad accennare alla delimitazione della collina fra Stradella e S. Giuletta.

Il « livello principale della pianura oltrepadana » la completa.

A proposito di questo livello è opportuno notare l'andamento rettilineo a direzione W-E da Stradella a Castel S. Giovanni e poi, nel foglio 60 - Piacenza, a Sarmato, del suo margine meridionale e il decorso curvilineo, meandriforme del suo limite rispetto al *Diluvium medio* nella zona di Monteleone (Colle di S. Colombano al Lambro).

Sembra essersi manifestato già a questo livello quell'influsso rettificante, verosimilmente dello sperone di Stradella, sul margine meridionale, cui fa da contrasto quello meandreggiante del margine settentrionale, influsso che non era sentito a livelli precedenti, ma che si verificherà più marcato, in corrispondenza al piano dello *Alluvium*.

Il *livello principale della pianura oltrepadana*, a W dello sperone di Stradella, nella sua parte meridionale, si presenta modellato secondo tre grandi conici di deiezione molto appiattiti: quelli del T. Staffora, del T. Coppa e del T. Scuropasso.

Lungo la sponda sinistra del Ticino, entro l'area del foglio Pavia, fra il « livello principale della pianura » e il piano di inondazione, si stabilisce un ulteriore terrazzo, derivante da una fase di erosione, cui segue un riempimento grossolano.

Questo terrazzo tende a sfumare, nella zona di Pavia, nel « livello principale della pianura » e viene successivamente terrazzato per erosione.

Un nuovo ciclo di erosione e deposizione porta al piano dell'*Alluvium*: attualmente vengono attaccati dall'erosione laterale, in certi tratti, il terrazzo del Molino Nuovo di Besate e altrove direttamente quelli del *Diluvium recente*. Sulle scarpate più fresche di questi terrazzi (per es. a Santa Sofia) è possibile vedere una successione di depositi alluvionali: TARAMELLI [1916] accenna alla possibilità che vi affiori addirittura il *Diluvium antico*.

Morfologicamente interessanti sono i meandri incisi nell'orlo del terrazzo del *Diluvium recente* a Sommo, a S. Cristina e Bissone e a S di Miradolo.

Questi sono riportati anche nell'« Atlante dei tipi geografici » (MARINELLI [1948]).

Essi presuppongono una intensa erosione laterale (forse favorita da uno scivolamento generale verso N) e una improvvisa decapitazione del meandro, anzi della serie di meandri, per una azione rettificante. Talora questa può essere stata artificiale.

### 4) *L'idrografia dell'Alluvium*

Alla nuova posizione verticale e orizzontale del livello di base (il Po), si adattarono i profili longitudinali degli affluenti del Po; naturalmente essi poterono subire modifiche, in seguito a nuove condizioni di portata e di regime.

Si osserva comunque una fondamentale differenza tra gli affluenti di destra e di sinistra del Po. Questi ultimi sono caratterizzati da una netta incisione (terrazzamento) rispetto al « livello fondamentale della pianura », che in generale diminuisce progressivamente verso monte; così avviene tipicamente per il Terdoppio, che praticamente si perde nella zona di Terdobbiato, per l'Olonza, la cui individualità vien meno nella zona di Corbesate (cfr. MARINELLI [1948]), per il Lambro meridionale che conserva una certa individualità sino alla periferia di Milano; il Lambro, meglio definito, nella zona Est di Milano, si porta sul « livello principale della pianura ».

Unico affluente, nel quale il piano dell'*Alluvium* appaia sempre incassato rispetto al « livello principale della pianura », è il Ticino.

Nei corsi d'acqua minori si possono quindi distinguere tre tratti: l'uno a monte, in cui il terrazzamento diminuisce da monte verso valle, uno intermedio, in cui il corso d'acqua è praticamente sul « livello principale della pianura » (e viene per lo più artificialmente deviato, suddiviso, ecc.), e uno a valle, in cui il terrazzamento diminuisce da valle verso monte.

Lungo gli affluenti di destra del Po il piano dell'*Alluvium* si mostra incassato rispetto a quelli relativi alle alluvioni più antiche solo nella parte superiore, entro le valli (nell'area del foglio Pavia peraltro il terrazzamento rispetto all'*Alluvium* non è mai molto evidente), mentre al loro sbocco in pianura essi scorrono sulla superficie di conoidi più o meno pronunciati.

Cioè anche qui, come nei corsi minori della zona a N del Po, il livello di base del tratto a monte è rimasto pressoché costante, mentre sono mutati portata e regime.

Quanto al mancato terrazzamento dalla confluenza nel Po a questo punto neutro, esso deriverebbe anche da uno spostamento verso N del Po: in tal caso, a parità di distanza da questo fiume, l'abbassamento rispetto al profilo precedente sarebbe minore.

Un interessante caso di modifica idrografica è presentato dal Lambro meridionale. Attualmente questo corso d'acqua, a S di Milano, scorre in direzione globale SE sin quasi a Villanterio, dove piega bruscamente ad angolo retto assumendo la direzione NE e affluendo al Lambro presso S. Angelo Lodigiano.

A valle del brusco piegamento del Lambro meridionale, prima di Villanterio, esiste una leggera depressione, in parte occupata dal Cavo Neirone, che poi, verso Chignolo Po, diventa la Roggia Gariga.

Questa, a valle della ferrovia Pavia-Cremona, si presenta contenuta da un terrazzamento sempre più marcato, sino a raggiungere a Chignolo Po il piano delle alluvioni postglaciali del Po. Questo terrazzamento è del tutto sproporzionato all'entità dell'attuale Roggia Gariga.

Poiché non sembra verosimile che il Lambro meridionale abbia

sempre avuto l'andamento attuale, è molto probabile che il vecchio Lambro meridionale sul livello principale della pianura sfociasse nella zona di Chignolo Po e che la sua azione regressiva di adattamento al nuovo livello di base sia risalita sin quasi a Miradolo.

Successivamente deve essere avvenuta la deviazione in direzione NE e l'affluenza al Lambro.

TARAMELLI [1916] ritiene « forse artificiale » questa deviazione. Ci sembra difficile ammettere che la deviazione del Lambro meridionale sia stata provocata artificialmente.

Va infatti tenuto presente che un'azione regressiva di terrazzamento era risalita lungo il vecchio Lambro meridionale nella zona di Chignolo Po verso Miradolo e un'altra da S. Angelo Lodigiano verso Villanterio; a Gerenzago però il Lambro meridionale era ancora al livello della pianura e quindi l'approfondimento deve essere risalito dopo la modifica. Ci sembra perciò poco probabile che tutto ciò sia avvenuto in epoca storica.

## VII - GEOLOGIA APPLICATA

### 1) Cave e miniere

Sono molto frequenti nell'area del foglio Pavia le cave di ghiaia, di sabbia e di argilla; localmente si hanno anche cave, per lo più abbandonate, di arenarie e di gessi. Esse non sono state segnate sul foglio perchè per lo più temporanee.

La *ghiaia* viene generalmente estratta, mediante draghe, dal letto del Ticino e del Po; talora viene cavata anche dal piano dell'*Alluvium*.

Lungo tutto l'orlo del terrazzo che a N del Po separa il piano del *Diluvium recente* da quello dell'*Alluvium*, sono molto frequenti le cave di *sabbia*: si tratta per lo più di sabbie fini quarzoso-micacee.

A Torre dei Torti sono state sfruttate, nell'immediato dopoguerra,

come sabbie per fonderie, le sabbie e i silt alterati alla sommità del terrazzo del *Diluvium recente*.

Localmente sono utilizzate anche sabbie del *Diluvium medio*. (Incidentalmente ricordiamo la cava della Fontana di Annibale, ora abbandonata, in quanto da essa sono derivati i resti fossili di cui già si è detto). Piccole cave si hanno nella zona di Miradolo; ultimamente grandi sbancamenti sono stati fatti a Stradella.

Valore puramente storico ha lo sfruttamento delle *sabbie aurifere* del Ticino, da lungo tempo completamente abbandonato.

Numerose sono, nell'area del foglio Pavia, le cave di *argille per laterizi*: presenti anche a N del Po sul « livello principale della pianura », dove sono sfruttate plaghe argillose comprese entro le alluvioni prevalentemente sabbiose, esse sono molto frequenti a S del Po, dove si utilizzano alcuni banchi che, dopo una cotica di circa un metro, costituiscono il substrato del « livello principale della pianura ».

Localmente vengono usate anche le argille del terrazzo del *Diluvium medio* (Ripaldina) o quelle del Pliocene (Cardazzo).

Nel Medioevo le « arenarie di M. Arzolo » venivano cavate a M. Arzolo e alla Castana: esse hanno servito alla costruzione di insigni monumenti pavesi, tra i quali primeggia la basilica di San Michele Maggiore. Ben nota è la degradazione cui questa pietra è andata soggetta nei secoli. L'esigenza di un restauro con la pietra originariamente adoperata ha fatto recentemente riaprire una delle vecchie cave.

Una cava di *gesso* abbandonata esiste nella valle del Rile S. Zeno.

In numerose località in passato venivano estratti dalla « formazione del calcare di Pietra dei Giorgi », materiali per la fabbricazione dei cementi. I banchi di marne propriamente da cemento sono rari e poco potenti; il « tout venant » ha un tenore di  $\text{CaCO}_3$  piuttosto basso.

## 2) Campi gassiferi e ricerche di idrocarburi

Entro l'area del foglio Pavia sono compresi il « campo gassifero di Casteggio » e la porzione occidentale di quello di « Corneliano ». Quest'ultimo è descritto negli « Atti del Convegno » di Milano su « I giacimenti gassiferi dell'Europa occidentale » indetto dall'Accademia

Nazionale dei Lincei e dall'Ente Nazionale Idrocarburi [1957-59]. Solo il « pozzo 6 » del « campo di Corneliano » cade entro l'area del foglio.

La struttura di questo campo presenta, secondo l'Agip Mineraria, tre temi di ricerca: il primo concerne la culminazione dell'anticlinale in terreni pliocenici, dei quali, quelli superiori argillosi, costituiscono la roccia di copertura e quelli inferiori, formati da sabbie, talora passanti ad arenarie, funzionano da rocce serbatoio; « un secondo tema riguarda le ricerche in pinch-out di porosità sui fianchi della struttura in termini appartenenti al Pliocene; un terzo tema infine è costituito dalla ricerca profonda nei termini miocenici che, dal rilievo sismico, appaiono anche essi piegati ad anticlinale » (ACC. NAZ. LINCEI-ENI [1957-59]).

Del campo gassifero di Casteggio, inedito, non ci sono stati forniti sinora ulteriori dati. Esso comprende sei pozzi: « Casteggio 1 » (metri 1598), « 3 », « 4 » (m. 1690), « 5 », « 6 », « 8 » (m. 2388).

Numerosi sono i pozzi per ricerche di idrocarburi:

dei pozzi « Casteggio 2 »

« Casteggio 8 »

« Robecco 1 »

« Stradella 1 »

« Villanterio 1 »

è stata tratteggiata, in calce al foglio, la colonna stratigrafica; per illustrare le condizioni del campo di Corneliano sono state riportate anche quelle dei pozzi « Corneliano 15 » e « 18 », sebbene essi cadano entro l'area del foglio 60 - Piacenza.

Nella zona di Casteggio esistono anche i pozzi « 2 » (m. 2505), « 7 » e « 9 » (m. 1803).

La perforazione di « Torricella Verzate » si spinge fino a 2086 m. raggiungendo l'Elveziano a facies marnoso-siltosa.

Del pozzo di « Casanova Lonati » (profondità m. 3002) l'ubicazione sul foglio non è esatta; le coordinate geografiche sono: lat.  $45^{\circ} 06' 42''$  5 N, long.  $03^{\circ} 14' 31''$  5 W Monte Mario.

Il pozzo di « S. Cristina e Bissone 1 » è profondo 1174 m. e ha raggiunto il Tortoniano.

Il pozzo « Salerano 1 » ha una profondità di 2151 m. e non oltrepassa il Pliocene inferiore.

Cadono nell'area del foglio Pavia anche i pozzi « Corneliano 8 » « 14 » e « 17 ».

### 3) Falde acquifere sotterranee

#### 3a) Falda freatica.

A N del Po, sia sul piano del *Diluvium recente*, sia su quello dell' *Alluvium*, data la prevalente natura sabbioso-ghiaiosa dei terreni di superficie, è solitamente presente una buona *falda freatica*, per altro non molto profonda.

A S del Po invece, la presenza di argilla in tutta prossimità della superficie topografica fa sì che anche le acque della prima falda utilizzabile siano comprese tra banchi di argilla e abbiano un certo carattere di artesianità.

#### 3b) Falde artesiane.

Molto frequenti sono in tutta l'area del foglio Pavia i pozzi che attingono a *falde artesiane* più o meno profonde: di essi sono stati segnati sulla carta soprattutto quelli citati da SACCO [1911-1933] e da DESIO e VILLA [1960]. Il loro numero però è in continuo aumento per le esigenze della popolazione e delle industrie.

A N del Po i pozzi sono particolarmente abbondanti (circa un centinaio) nella zona di Pavia.

Le falde acquifere pavese freatiche ed artesiane sono state oggetto di diversi studi (MONTI [1902, 1908]; MONTI, PURGOTTI e STELLA [1904]; STELLA [1904, 1915]); successivamente i pozzi sono grandemente aumentati di numero e, almeno alcuni, spinti a maggior profondità. Comunque i dati che ne risultano non sono sostanzialmente diversi da quelli ai quali era pervenuto lo STELLA: al di sotto della *falda freatica* si individuano almeno 4 *falde artesiane*, delle quali la 3<sup>a</sup> e la 4<sup>a</sup> meglio definite: esse hanno livelli statici di poco al di sopra o al di sotto della superficie topografica, la quale peraltro presenta un

divario di quota di una ventina di metri fra il piano dell' *Alluvium* e quello del *Diluvium recente*; perciò alcuni pozzi sono zampillanti, altri salienti fino quasi alla superficie.

Anche nella restante pianura a N del Po si hanno falde artesiane in corrispondenza a livelli ghiaiosi o sabbiosi ricoperti da banchi argillosi; però si può osservare che, procedendo verso N, i banchi argillosi si fanno più rari e meno potenti, per cui le falde sono meno individuate.

A S del Po i pozzi sono più frequenti nella zona di Broni-Stradella, dove alimentano l'« Acquedotto dell'Oltrepo pavese » e in quella di Casteggio. Qui le alluvioni sono prevalentemente argillose e i livelli acquiferi sono di spessore limitato.

### 4) Sorgenti

Non si hanno in generale entro l'area del foglio Pavia sorgenti tali da dover esser messe in evidenza, tenuto conto delle caratteristiche dell'idrografia superficiale e sotterranea locale; ricorderemo soltanto che sulla scarpata dei terrazzi, specialmente lungo il Ticino, per l'affiorare di banchi di argilla, si hanno frequenti e talora copiose *sorgenti di terrazzo*.

Una menzione particolare meritano le sorgenti della Bottigella (al margine W della tavoletta Cervesina), derivanti dal locale affiorare di un livello permeabile del materasso alluvionale.

### 5) Sorgenti minerali

*Fonti di Miradolo*. Sono 5 e utilizzano le acque di pozzi artesiani aventi una profondità di 20-25 m. e attraversanti terreni prevalentemente arenacei del Calabriano.

La portata varia da 0,018 a 0,9 l./sec.

L'analisi chimica dell'acqua della Nuova Fonte delle Terme, eseguita dal Prof. GANASSINI il 7-10-1919, ha dato:

residuo fisso a 100° . . . . .	4,815	g/l
residuo fisso a 180° . . . . .	4,635	g/l
Cloro . . . . .	2,73	g/l

Bromo . . . . .	0,0068 g/l
Jodio . . . . .	0,004 g/l
ossido di Calcio . . . . .	0,13 g/l
ossido di Magnesio . . . . .	0,187 g/l
anidride carbonica totale . . . . .	0,05 g/l

E' pertanto da classificare fra le « acque salso-bromo-iodiche ».

A *Recoaro di Broni* (nella valle Scura o valle del Rio Frate) esistono sorgenti sulfuree.

Altra sorgente sulfurea è presente nella valle del *Rile S. Zeno*.

Data di presentazione del manoscritto: 20 gennaio 1967.

Ultime bozze restituite il: 15 luglio 1967.

## BIBLIOGRAFIA

- ACC. NAZ. LINCEI - ENTE NAZ. IDROCARBURI (1959), *I giacimenti gassiferi dell'Europa occidentale*. Atti Conv. di Milano del 30.IX-5.X.1957, Roma.
- AGIP S.p.A. - DIREZIONE MINERARIA (LUCCHETTI L., ALBERTELLI L., MAZZEI R., THIEME R., BONGIORNI D., DONDI L.) (1963), *Contributo alle conoscenze geologiche del Pedepennino Padano*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. 81, f. 4, Roma.
- AIRAGHI C. (1897), *Il colle di San Colombano ed i suoi fossili*. Tip. Bollini G., Abbiategrosso.
- AMORETTI C. (1785), *Osservazioni sulla collina di S. Colombano nel territorio lodigiano*. Op. scelti Sc. Arti, vol. 8, p. 235, Milano.
- ARTINI E. (1891), *Intorno alla composizione mineralogica delle sabbie del Ticino*. Giorn. Min. Crist. Petr., vol. 2, f. 6, p. 177, Milano.
- BALSAMO - CRIVELLI G. (1864), *Di una vertebra fossile trovata nelle ghiaie del Po*. Atti Soc. Ital. Sc. Nat., vol. 7, p. 210, Milano.
- BALSAMO - CRIVELLI G. (1864), *Notizie naturali e chimico-agronomiche sulla provincia di Pavia*. Tip. Bizzoni, Pavia.
- BARELLI V. (1835), *Cenni di statistica mineralogica degli stati di S.M. il Re di Sardegna*. Torino.
- BERTONI E. (1943), *Su alcune Corallinacee dell'Appennino Pavese*. Pubbl. Ist. Geol. Univ. Pavia, n. 69, in Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 1, Pavia.
- BONI A. (1943), *Osservazioni geologiche nell'Appennino pavese. Osservazioni stratigrafiche sul Neogene dell'Appennino vogherese*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 1, f. 3, Pavia.
- BONI A. (1943), *Sull'« Eridanosaurus Brambillae »*. Bals. Criv. Rend. R. Acc. Italia, Cl. Sc. fis., mat. e nat., s. VII, vol. 4, f. 9, Roma.
- BONI A. (1947), *I «dossi» della Lomellina e del Pavese*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 2, p. 1, Pavia.
- BONI A. (1949), *Flora fossile della Fontana di Annibale (Casteggio). I-Di una presunta vite fossile*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 3, p. 35, Pavia.
- BONI A. (1955), *Flora fossile della Fontana di Annibale (Casteggio). III - Pynuxylon appenninicum n.f.* Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 5, p. 3, Pavia.
- BONI A. (1957), *Elementi per la struttura geologica della porzione di NW dell'Appennino settentrionale*. La Ricerca Scient., a. 27, n. 10, p. 2977, Roma.
- BONI A. (1961), *Per la geologia dell'Appennino settentrionale a W della linea La Spezia-Piacenza*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 12, p. 63, Pavia.
- BONI A. (1962), *Lignes et problèmes tectoniques du secteur nord-ouest de l'Appennin septentrional*. Bull. S.G.F., s. 7, vol. 4, p. 644, Paris.
- BREISLAK S. (1882), *Descrizione geologica della provincia di Milano*. I.R. Stamp., Milano.
- BROCCHI G.B. (1845), *Conchiologia Fossile Subappennina*. Silvestri G., Milano.
- CACCIA V. (1929), *Geo-storia del colle di S. Colombano al Lambro e di alcune altre zone fra l'Adda ed il Ticino, Stradella e Piacenza*. Tip. Edit. Cairo, Codogno.

- CAPEDER G. (1908), *I relitti dell'erosione marina nella valle del Po*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. 27, p. 423, Roma.
- COGGI L. e DI NAPOLI ALLIATA E. (1950), *Pliocene e Pleistocene nel colle di S. Colombano al Lambro (Lombardia)*. Int. Geol. Congr., Session XVIII, Part. 9, p. 19, London.
- DE ANGELIS D'OSSAT G. (1896), *Sopra alcuni mammiferi fossili della Valle del Po*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett., s. II, vol. 29, f. 7, p. 377, Milano.
- DE FILIPPI F. (1834), *Sul terreno terziario subappenninico ed in particolare sulla collina di S. Colombano*. Bibl. Ital., vol. 75, p. 275, Milano.
- DE ROSA E., GELATI R., MUTTI E. (1966), *Una nuova formazione terziaria dell'Appennino di Piacenza: la Formazione di Val Luretta*. Riv. Ital. Pal. Strat., vol. 72, f. 2, p. 369, Milano.
- DESIO A. (1938), *Caratteri fisici e geologici della provincia di Milano*. Ann. Sperimentaz. Agraria, vol. 32, a. 17, p. 3, Roma.
- DESIO A. (1952), *Movimenti orogenici quaternari nella Pianura Padana*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. fis., mat. e nat., s. VIII, vol. 12, f. 6, p. 658, Roma.
- DESIO A. (1965), *I rilievi isolati della pianura lombarda ed i movimenti tettonici nel Quaternario*. Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett. Arti, ser. A, vol. 99, f. 4, p. 881, Milano.
- DESIO A. e VILLA F. (1960), *Stratigrafie dei pozzi per acqua della pianura padana. Volume I°: Lombardia*. Ist. Geol. Univ. Milano, Milano.
- FARIOLI A. (1954), *Ricerche micropaleontologiche sul Calabriano di S. Colombano al Lambro (Milano)*. Riv. Ital. Pal. Strat., vol. 60, f. 4, p. 1, Milano.
- FARNETI R. (1899), *Ricerche di briologia paleontologica nelle torbe del sottosuolo pavese appartenenti al periodo glaciale*. Atti Ist. Bot. Univ. Pavia, s. II, vol. 5, p. 47, Pavia.
- GABERT P. (1962), *Les plaines occidentales du Pô et leurs piedmonts (Piémont, Lombardie occidentale et centrale); étude morphologique*. Impr. Louis-Jean, Gap.
- GALLETTI E. (1881), *La provincia di Pavia sotto l'aspetto fisico*. Tip. Bizzoni, Pavia.
- GANDOLFI R. (1948), *La faglia della Staffora. Sue caratteristiche in rapporto al sistema di fratture del Vogherese*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. fis. mat. e nat., s. VIII, vol. 5, f. 1-2, p. 67, Roma.
- GIRELLI M. (1960), *Considerazioni stratigrafiche e micropaleontologiche preliminari sui banchi rossi nell'Appennino Tortonese-Pavese*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. 79, f. 3, p. 181, Roma.
- GIULIETTI C. (1900), *Notizie naturali geologiche di Casteggio*. Tip. Sparolazzi E., Casteggio.
- MARIANI E. (1887), *Foraminiferi pliocenici di Tronconero presso Casteggio*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, vol. 20, f. 13, p. 478, Milano.
- MARIANI E. (1888), *Foraminiferi della collina di S. Colombano Lodigiano*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. III, vol. 21, f. 10-11, p. 496, Milano.
- MARINELLI O. (1948), *Atlante dei tipi geografici*. Ist. Geogr. Mil., Firenze.
- MASTRORILLI V. I. (1950), *Corallinacee fossili del Calabriano di Miradolo*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 4, p. 57, Pavia.
- MONTI A. (1902), *Le acque zampillanti dei nuovi pozzi di Pavia*. Tip. Coop., Pavia.
- MONTI A. (1908), *Il regime delle acque profonde. (In rapporto ad un progetto di alimentazione idrica della città di Pavia)*. Boll. Soc. Med. Chir. Pavese, Pavia.
- MONTI A., PURGOTTI A., STELLA A. (1904), *I pozzi trivellati di Pavia e l'alimentazione idrica della città*. L'Ing. igienista, vol. 5, Milano.

- MOSNA S. (1963), *Contributi micropaleontologici per la stratigrafia dei terreni miocenici e pliocenici affioranti nell'area del F. «Pavia»*. Mem. Soc. Geol. Ital., vol. 4, f. 1, p. 7, Bologna.
- ODDONE E. (1895), *Sulla temperatura della zona acquifera nel R. Osservatorio meteorologico e geodinamico di Pavia*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, vol. 28, f. 20, p. 1124, Milano.
- ODDONE E. (1897), *Osservazioni freaticometriche eseguite nell'Osservatorio Geofisico di Pavia e dintorni*. Tip. Bizzoni, Pavia.
- ODDONE E. (1897), *Ricerche fisiche sulle acque dei dintorni di Pavia*. Pavia.
- PARONA C. (1879), *Il Pliocene dell'Oltrepo pavese. Osservazioni stratigrafiche e paleontologiche*. Atti Soc. Ital. Sc. Nat., vol. 21, p. 662, Milano.
- PATRINI P. (1916), *Banchi di calcari conchigliari e corallini del golfo pliocenico padano*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, vol. 49, f. 15, p. 563, Milano.
- PATRINI P. (1926), *I mammiferi fossili di Arena Po*. Riv. Ital. Pal., vol. 32, f. 4, p. 54, Pavia.
- PATRINI P. (1931), «*Chlamys septemradiatus*» Mull. var. «*subclavata*» *Cantraine* sp. Riv. Ital. Sc. Nat., Natura, vol. 22, p. 1, Milano.
- PORRO C. e ANELLI M. (1928), *Il colle di S. Colombano al Lambro*. La Miniera Ital., a. XII, n. 5, p. 145, Roma.
- PREVER P.L. (1905), *Le Nummuliti e le Ortophragmine di due località dell'Appennino Pavese*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, vol. 38, f. 8-9, p. 478, Milano.
- PRINCIPI P. (1914), *Contributo alla flora messiniana di Stradella*. Riv. Ital. Pal., vol. 20, f. 3-4, p. 79, Parma.
- SACCHI VIALLI G. (1950), *I Cervidi fossili delle alluvioni quaternarie pavesi*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 4, p. 26, Pavia.
- SACCHI VIALLI G. (1955), *I Bisonti fossili delle alluvioni quaternarie pavesi*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 5, p. 83, Pavia.
- SACCHI VIALLI G. (1958), *Flora fossile della Fontana di Annibale (Casteggio)*. IV - «*Ulmuxylon*» sp. ex aff. «*Ulmus campestris*» L. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 8, p. 111, Pavia.
- SACCHI VIALLI G. e PIZZOCHERO M.L. (1958), *Gli Elefanti fossili delle alluvioni quaternarie pavesi*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 8, p. 3, Pavia.
- SACCO F. (1891), *L'Appennino Settentrionale (parte centrale)*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. 10, p. 731, Roma.
- SACCO F. (1891), *Carta geologica dell'Appennino settentrionale alla scala 1:100.000*. Lib. Loescher, Torino.
- SACCO F. (1904), *L'Appennino settentrionale e centrale. Studio geologico sintetico*. Tip. Gerbone P., Torino.
- SACCO F. (1911-1933), *Geoidrologia dei pozzi profondi della valle padana*. Annali R. Acc. Agr. Torino, vol. 54-55, Torino, 1911-1912; *Appendice e Bibliografia*. Min. Lav. Pubbl., Serv. Idrografico, Uff. Idrografico del Po, Torino, 1924; *Parte III*, Min. Lav. Pubbl., Serv. Idrografico, Uff. Idrografico del Po, Pubblicazione n. 9, vol. 3, Roma, 1933.
- SACCO F. (1929), *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - Fogli di Voghera e Pavia*. Roma.
- SACCO F. (1930), *Il corrgamento Appenninico marginale e sub-padano*. Atti R. Acc. Sc. Torino, vol. 65, p. 157, Torino.

- SACCO F. (1935), *Le direttrici tettoniche trasversali dell'Appennino*. Rend. R. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. fis. mat. e nat., s. VI, vol. 22, f. 9-12, p. 371, Roma.
- SARTORIO A. (1880), *Il colle di S. Colombano e i suoi fossili*. Cronache R. Liceo Forteguerri per gli anni 1877-1879, f. 1 (1879), f. 2 (1880), Pistoia.
- SORDELLI F. (1878), *Le filliti (piante fossili) della Folla d'Induno presso Varese e di Pontegana fra Chiasso e Balerna nel Canton Ticino, paragonate con quelle di altri depositi terziari e post-terziari*. Atti Soc. Ital. Sc. Nat., vol. 21, p. 877, Milano.
- STELLA A. (1895), *Sui terreni quaternari della valle del Po in rapporto alla Carta geologica d'Italia*. Boll. R. Com. Geol. Ital., s. III, vol. 26, p. 108, Roma.
- STELLA A. (1904), *La costituzione geo-idrologica del sottosuolo del territorio di Pavia, in rapporto alle acque profonde*. L'Ing. igienista, vol. 5, Milano.
- STELLA A. (1915), *Studi sulla Idrologia sotterranea della pianura del Po*. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, vol. 17, Roma.
- STOPPANI A. (1857), *Studi geologici e paleontologici sulla Lombardia*. Tip. Turati, Milano.
- TACCONI E. (1901), *Sulla composizione mineralogica delle alluvioni costituenti il sottosuolo di Pavia e dintorni*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, vol. 34, f. 16, p. 873, Milano.
- TARAMELLI T. (1882), *Descrizione geologica della provincia di Pavia, con annessa carta geologica*. Stab. Civelli G., Milano.
- TARAMELLI T. (1882), *Sopra due giacimenti nummulitici dell'Appennino pavese*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, vol. 15, p. 48, Milano.
- TARAMELLI T. (1885), *Note geologiche sul bacino idrografico del fiume Ticino*. Boll. Soc. Geol. Ital., s. II, vol. 20, f. 13, p. 478, Milano.
- TARAMELLI T. (1887), *Osservazioni stratigrafiche sulla provincia di Pavia*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. e Lett., s. II, vol. 20, f. 13, p. 478, Milano.
- TARAMELLI T. (1890), *Carta geologica della Lombardia alla scala 1:250.000 e spiegazione*. Ed. Artaria, Milano.
- TARAMELLI T. (1890), *Alcune osservazioni sui risultati di analisi meccaniche e chimiche del terreno coltivabile nel Circondario di Pavia*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett., s. II, vol. 23, f. 18, p. 745, Milano.
- TARAMELLI T. (1897), *Sulla composizione delle ghiaie plioceniche nei dintorni di Stradella*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett., s. II, vol. 30, p. 138, Milano.
- TARAMELLI T. (1904), *Osservazioni geologiche ed idrologiche sulla valletta di Rio del Frate presso Broni*. Giorn. Geol. pratica, vol. 2, f. 3, p. 61, Perugia.
- TARAMELLI T. (1909), *Di un pozzo trivellato che raggiunge il Pliocene marino presso Belgioioso*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett., s. II, vol. 42, f. 15, p. 660, Milano.
- TARAMELLI T. (1916), *Descrizione geologica della provincia di Pavia*. II Ed., Ist. Geogr. De Agostini, Novara.
- TICINO DREDGING CO. (1912), *Rapports d'Ingénieurs sur la valeur de l'or contenu dans les alluvions du Ticino*. Paris.
- VIALLI G. (1949), *Flora fossile della Fontana di Annibale (Casteggio). II - Strobili di conifere*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. 3, p. 61, Pavia.
- VOLTA G.S. (1788), *Osservazioni mineralogiche intorno alle colline di S. Colombano e dell'Oltrepo di Pavia con l'aggiunta della analisi chimica del Sal Piacentino*. Op. scelti Sc. Arti, vol. 2, p. 337, Milano.
- ZUFFARDI P. (1911), *Resti di Alce rinvenuti nella pianura pavese*. Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett., s. II, vol. 44, f. 2-3, p. 133, Milano.