

MINISTERO DELL'INDUSTRIA E COMMERCIO
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA

NOTE ILLUSTRATIVE
DELLA
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

ALLA SCALA 1 : 100.000

Foglio **FERRARA**

DEL PROF. BRUNO ACCORDI
con 2 figure n. t. e una tavola f. t.

Il rilevamento geologico del foglio FERRARA alla scala 1:100.000 ha comportato la risoluzione di un problema nuovo nella storia della Carta Geologica d'Italia: il foglio infatti comprende esclusivamente una zona di pianura, e cionondimeno di grande interesse per gli studi sul sottosuolo collegati alla ricerca di idrocarburi. Si dovette quindi impostare un esame lito-pedologico di superficie, in modo da non dare alle stampe un foglio con la sola tinta dell'*Olocene*, e riportare — sia nel foglio stesso che a fianco — i dati finora in nostro possesso riguardanti la stratigrafia e la tettonica del sottosuolo.

Il lavoro di campagna fu svolto negli anni 1952 e 1953; esso comportò la raccolta di numerosi campioni di terreno e la loro analisi in laboratorio, allo scopo di poter dare un'illustrazione completa — se pur informativa — della litologia di superficie; consistette inoltre nella raccolta dei dati sul sottosuolo, in possesso di alcune società industriali (principalmente « AGIP » e « SPI »), e la loro coordinazione con i dati raccolti dallo scrivente in quest'ultimo decennio o pubblicati dai pochi Autori citati in bibliografia. Questi dati riguardano tanto la successione stratigrafica, dedotta dalle campionature raccolte durante la perforazione dei pozzi, quanto la tettonica profonda, le cui linee essenziali sono state rivelate dalle recenti campagne geofisiche.

Il foglio rilevato comprende buona parte della metà occidentale della provincia di Ferrara, e precisamente quella porzione limitata: a Nord dal fiume Po, che costituisce anche la linea di confine; a Sud da un breve tratto del fiume Reno e dal parallelo 44° 40'; a Est dal meridiano 0° 30' (Longitudine di Roma M. Mario), che separa il Ferrarese occidentale dall'area delle grandi bonifiche; a Ovest dal meridiano 1° 00', per cui i cunei di Bondeno e di Cento restano compresi nel foglio « Mirandola ».

La parte più settentrionale del foglio in esame appartiene alla Provincia di Rovigo; questa si spinge fino a qualche chilometro dalla città di Ferrara per effetto della grande ansa del Po, che segna appunto il confine, e comprende buona parte dell'area sommersa dalla recente alluvione del 1951. L'angolo sud-occidentale del foglio, oltre il Reno, appartiene invece alla provincia di Bologna (zona di Malalbergo).

L'area rilevata offre in superficie una coltre dovuta esclusivamente ad alluvioni recenti e attuali, deposte in epoca storica (e che si depongono attualmente) ad opera del Po e del Reno. Le perforazioni per la ricerca di idrocarburi e di falde acquifere hanno raggiunto una profondità massima poco superiore ai 1600 metri, attraversando terreni sedimentari fino al *Cretaceo superiore*. Il fascio di strutture e di linee di disturbo comunemente noto sotto il nome di « dorsale ferrarese » attraversa completamente il foglio rilevato seguendo una direttrice WNW - ESE.

Un vivo ringraziamento vada a quanti vollero favorire la raccolta e la discussione dei dati finora acquisiti; ricordo in particolare i dirigenti degli Uffici Geologici dell'Azienda Generale Italiana Petroli, della Società Petrolifera Italiana e dei Distretti Minerari di Padova e di Bologna.

CENNI SUGLI STUDI PRECEDENTI

Le pubblicazioni scientifiche sulla pianura del Ferrarese e del Polesine meridionale e sul suo sottosuolo sono oltremodo scarse; infatti i dati sulle perforazioni più profonde ed i risultati dell'esplorazione geofisica sono tuttora in mano delle grandi società industriali, o sono comunque inediti. I primi cenni sulle formazioni quaternarie del Ferrarese e del Polesine sono dovuti a F. SACCO, che nel 1900 e nel 1939 tratta sommariamente delle alluvioni oloceniche che in epoca assai recente contribuirono ad estendere la zona deltizia padana. Lo stesso F. SACCO, in varie pubblicazioni del 1912, 1924, 1927-28 e 1933, raccoglie dati geoidrologici e stratigrafici sul sottosuolo della pianura padana, dati ricavati dalla perforazione di pozzi per la ricerca di acqua; nei volumi ora citati viene elencata tra l'altro la successione litologica dei terreni attraversati in alcune località comprese nel foglio FERRARA. Questi profili però hanno un'importanza assai limitata; riguardano infatti perforazioni che si spinsero a profondità modeste, e inoltre non è possibile datare i livelli elencati. In tema di stratigrafia quindi si può concludere che le basi sono state poste da R. SELLI e — indirettamente — da E. DI NAPOLI.

Il primo Autore pubblicò nel 1946 un'illustrazione della campionatura tratta da un pozzo perforato a Pontelagoscuro e

giunto alla profondità di 400 metri circa; le microfaune esaminate permisero di riconoscere la presenza del *Pliocene* marino, seguito da *Pleistocene inferiore* marino e da *Pleistocene superiore* e *Olocene* continentali. Lo stesso SELLI pubblicò nel 1949 una breve monografia di grande interesse in cui sono sintetizzate le conoscenze sulle formazioni quaternarie del Polesine e del Ferrarese; la successione cronologica, esposta secondo idee nuove, contempla un'alternanza di piani a microfaune di clima temperato-caldo e di clima temperato-freddo, e viene tuttora usata — se pur con riserve — da chi si occupa dell'argomento. E. DI NAPOLI invece, pur non illustrando in dettaglio alcun pozzo del Ferrarese, portò un solido contributo alla stratigrafia plio-pleistocenica con una profonda indagine sulle rispettive microfaune. Dal 1946 ad oggi uscirono pochi altri studi, sempre in tema di stratigrafia, ad opera dei due Autori ora citati, di G. AZZALI, di E. PERCONIG, di R. GANDOLFI e dello scrivente; di questi studi, alcuni riguardano il Ferrarese o il Polesine meridionale, mentre altri — d'interesse non propriamente locale — portano un contributo alla conoscenza del sottosuolo del delta padano.

In tema di tettonica profonda e di ricerche geofisiche, ricordate le pubblicazioni di A. BELLUIGI comprese tra il 1929 e il 1936, occorre notare che sono pochissimi gli studi che trattano l'argomento. Di grande interesse sono i due recenti di CHERBAU e ROGER (1952) e di G. MINUCCI (1952), che si occupano specificamente della « dorsale ferrarese ». I dati sulla tettonica profonda pubblicati sul foglio « FERRARA » sono quindi puramente indicativi, poichè le strutture sono note — salvo qualche caso — solo nelle grandi linee; essi sono il frutto delle campagne di ricerca (vedi capitolo « Tettonica ») eseguite in questi ultimi cinque lustri da varie squadre geofisiche per conto delle nostre maggiori Società.

Le ricerche sulla petrografia e sulla geochimica hanno avuto uno sviluppo assai limitato. Esse si iniziarono con due studi psammografici del 1911 di I. CHELUSSI, e vennero riprese recentemente; S. MORGANTE e B. PREARO (1950) pubblicarono dati psammografici sulle sabbie di due pozzi posti fuori dell'area rilevata, mentre lo stesso S. MORGANTE (1947 e 1949) e V. CHIOFFI (1949) analizzarono un buon numero di acque prelevate a varie profondità giungendo a risultati notevoli e molto interessanti per quanto riguarda la variazione della salinità in

rapporto alla profondità e alla posizione geografica; essi impostarono inoltre i problemi delle acque juvenili e del tenore in jodio delle varie falde.

Considerando la scarsità, in Italia, delle carte pedologiche di dettaglio, si può affermare che la litologia di superficie e la pedologia del Ferrarese hanno avuto cure particolari. Infatti la preziosa pubblicazione dovuta alla collaborazione di FERRARI, FIANO e SANDRI (1937) offre un'abbondante messe di dati ricavati dalle analisi di centinaia di campioni di terreno superficiale; i campioni riguardano esclusivamente la provincia di Ferrara, e di essi vengono riportate l'analisi fisico-meccanica e le analisi chimiche con le percentuali in calcare, in sostanza organica e in azoto e col pH. Altri dati sulla litologia di superficie, sulle anomalie gravimetriche e su altri argomenti geografico-economici sono contenuti nella carta della provincia di Ferrara pubblicata dall'I.G.M. nel 1950 (bibl. 38).

Sui giacimenti di idrocarburi dell'area rilevata non esiste una pubblicazione aggiornata; alcuni dati sono stati raccolti dai vari lavori citati in bibliografia; altri, tuttora inediti, provengono da informazioni assunte dallo scrivente.

Benchè le notizie pubblicate siano scarse, la serie stratigrafica è ormai nota, nelle linee essenziali, agli specialisti dell'argomento e in particolare ai geologi delle grandi società industriali. In corrispondenza della « dorsale ferrarese » sono stati infatti perforati vari pozzi, ubicati in genere in corrispondenza delle culminazioni assiali; il più profondo di essi (pozzo N. 1 di Vicenza Nuova * perforato dall'AGIP) si spinse fino a metri 1693, raggiungendo il *Cretaceo superiore*.

I dati riportati nelle seguenti pagine e riguardanti i terreni prequaternari provengono quindi da una serie di ricerche litologiche e micropaleontologiche sulle numerosissime carote raccolte e studiate principalmente dai geologi dell'A.G.I.P. (Dottori DI NAPOLI, FACCA, JABOLI, PERCONIG, LUCCHETTI, MARTINIS, PIERI, CONATO, BARBIERI, ecc.), dai geologi della S.P.I. (Dottori PETERS, GANDOLFI e FRASSON) e della S.I.N. (Dott. MARCHETTI e altri); e ad essi naturalmente va il merito per i risultati finora acquisiti. L'esame del *Quaternario* invece si basa in parte sulle ricerche dei geologi ora citati e sugli studi di SELLI e di AZZALI, e in parte sull'abbondante materiale inedito raccolto ed esaminato dallo scrivente.

Ecco l'elenco dei principali pozzi perforati nella zona rilevata e utilizzati per la stesura del presente lavoro:

(*) Per comodità del lettore, nella cartina a pag. 17 è riportata l'ubicazione delle località citate nel testo.

CRETACEO

SOCIETA'	LOCALITA'	POZZO N.	Anno di perforazione	Profondità raggiunta metri:
« A.G.I.P. »	Diamantina	1	1933	282
»	Porotto	1	1934	1602
»	Vicenza Nuova	1	1934	1693
»	Cona	1	1952	1050
»	»	2	1952	1003
« S.P.I. »	Montalbano	1	1943	1234
»	»	3	1947	597
»	»	5	1948	1332
»	»	7	1949	364
»	»	8	1949	456
»	Malalbergo	1	1946	330
»	Spinazzino	1	1944	465
»	»	3	1948	897
»	»	4	1949	1140
»	Gualdo	1	—	950
« S.I.N. »	Portomaggiore	C. 172	1950	1363
« S.M.I.R.O. »	Gaibana	2	—	560
»	»	3	—	410
Soc. Rom. Zucch.	Pontelagoscuro	—	—	398
Lazzi	Ambrogio	1	1941	352
»	»	2	1941	96
»	»	3	1941	350
»	»	4	1941	245
»	»	6	1942	248
»	»	7	—	160
»	»	8	—	425
« S.A.S.I.N. »	Portomaggiore	—	—	191
C. Chiari	Chiavichino	—	1944	315
Bertoni e Cotti	Copparo	1	1941	275
»	»	2	1941	131
»	»	3	—	222
»	»	4	1944	132
—	Coronella	—	—	223
Org. Tod	»	—	1944	118
Merc. Frutt.	Ferrara	—	—	225
Zucch. Bonora	»	1	—	225
»	»	2	—	224
Pavanelli	Ostellato	2	1941	335
« S.A.S.I.N. »	Tresigallo	—	1940	295
Osp. sanator.	»	1	1946	290

N.B. — Il pozzo C 172 perforato dalla S.I.N. nella zona di Portomaggiore, si trova propriamente fuori dell'area rilevata (vedi figura 1); ma è stato preso in considerazione egualmente, perchè riguarda una struttura che sta al limite tra i fogli « FER-RARA » e « IMOLA ».

Il pozzo Vicenza Nuova ha raggiunto il *Cretaceo superiore*, che nell'area rilevata è rappresentato da una tipica scaglia rosata, analoga a quella delle Prealpi. I calcari selciferi rosa con letti marnosi vennero attraversati da metri 1500 circa al termine del pozzo (metri 1693) e rappresentano i terreni dal *Campaniano* al *Daniano*; contengono caratteristiche specie di *Globotruncana* che permettono di distinguere la serie *Turoniano-Campaniana* (con abbondanti individui di *Globotruncana lapparenti*) dal *Mestruchtiano*, nel quale compare invece la specie *Globotruncana stuarti*.

La scaglia non è limitata al *Cretaceo superiore*, ma continua anche nell'*Eocene* passando a scaglia cinerea; per questo suo carattere di notevole estensione verticale, SELLI (1949) l'ha definita «serie comprensiva», ed ha messo in luce che essa presenta analogie anche con la regione umbro-marchigiana.

Benchè il *Cretaceo* si trovi in genere — nella fossa padana — a notevole profondità, a Vicenza Nuova è comparso a soli 1500 metri perchè il pozzo è stato ubicato in corrispondenza della sommità di una tra le più forti strutture positive; ai fianchi della culminazione assiale, gli strati infatti hanno una notevole inclinazione, con immersioni rispettivamente a NNE e SSW, come dimostrano le pendenze di strato misurate sul fianco Sud durante la perforazione: pendenze di 30° da 1613 a 1635 metri.

EOCENE

I dati stratigrafici sull'*Eocene* del sottosuolo ferrarese sono ancora incompleti: i terreni eocenici sono stati attraversati dal pozzo di Vicenza Nuova; forse sono stati raggiunti anche dal pozzo di Porotto (vedi DI NAPOLI 1952, pag. 231) benchè i pareri in merito siano discordi. La serie eocenica inizia con scaglia rosa, identica a quella del sottostante *Cretaceo*, e passa verso l'alto a scaglia cinerea; questa contiene ricche faune a foraminiferi in cui prevalgono i generi *Globigerina* e *Globorotalia*. Seguono calcari marnosi bianco-giallastri, marne arenacee, arenarie e conglomerati; questi ultimi due termini segnano forse il passaggio all'*Oligocene*, e compaiono — nel pozzo di Vicenza Nuova — tra metri 1284 e metri 1300.

In questa località quindi la base dell'*Eocene* si trova a 1500 metri circa, mentre il limite superiore è incerto e oscilla tra i due valori di 1284 e di 1300 metri. Nei calcari e marne dell'*Eocene medio-superiore* le varie forme di *Globigerinidae*, che già prevalevano nell'*Eocene inferiore*, subiscono un ulteriore incremento, tendendo a forme tanto grosse (vedi DI NAPOLI, 1952, pag. 231) da essere visibili a occhio nudo. Nell'*Eocene superiore* (sempre a Vicenza Nuova e, secondo DI NAPOLI, a Porotto) vi sono microfauine a *Globorotalia* e microfauine che contengono quasi esclusivamente tipiche forme di *Globigerina eocaenica*, *G. dissimilis* e *Globigerinoides triloba*.

Anche in questo caso, come già si vide per il *Cretaceo superiore*, l'*Eocene* compare a profondità limitata perchè le terebrazioni sono situate presso la sommità di anticlinali. La inclinazione degli strati però risulta essere più modesta (14°-15°) rispetto a quella dei sottostanti livelli cretacei.

OLIGOCENE

L'*Oligocene* è costituito principalmente da marne verdastre o grigio-verdi compatte, da marne arenacee e marne calcaree. Esso venne attraversato o raggiunto da tre pozzi, fra quelli perforati nell'area rilevata.

A Vicenza Nuova da metri 620 a metri 880 vi è un *Oligocene medio-superiore*, mentre l'*Oligocene medio-inferiore* va da metri 880 a metri 1250 circa; i materiali sono dati da marne tipiche verdoline, marne arenacee e marne calcaree.

A Porotto, da metri 570 al termine del pozzo (metri 1602) compaiono marne arenacee, marne chiare e poco compatte, marne calcaree compatte di color verde alternate a straterelli arenacei. A Cona, marne analoghe a quelle ora citate, con livelli sabbiosi, vennero osservate da metri 700 al termine del pozzo N. 1 (metri 1050). L'andamento degli strati è piuttosto variabile; nel primo dei pozzi suddetti, la parte superiore dell'*Oligocene* sembra avere un'inclinazione di circa 25° e mostra dei liscioni che confermano la presenza di fratture e di complicazioni tettoniche intraviste dalla geofisica; per l'*Oligocene inferiore* invece vi sono incertezze, ma sembra che l'inclinazione degli strati vada attenuandosi notevolmente: le misurazioni effettuate darebbero valori (incerti) di 4°-6°. Nel pozzo di Porotto l'inclina-

zione subisce le seguenti variazioni: 40° a 620 metri, 55° a 1000 metri, 46-47° a 1065 metri, 37° a 1286 metri. In corrispondenza della struttura di Cona gli spostamenti subiti dagli strati oligocenici sono stati ancora più violenti, come indicano le seguenti misurazioni riferentisi al pozzo N. 1: inclinazione non accertata ma debole a 750 metri, 30° a 800 metri, 5° a 949 metri, 30° con liscioni per spostamenti a 1050 metri.

Le marne verdastre dell'*Oligocene* contengono abbondanti microfauine con forme bentoniche associate a forme planctoniche; in questo carattere, come anche nella composizione litologica, i terreni oligocenici del Ferrarese presentano chiare analogie con quelli dell'Appennino settentrionale. Tra i foraminiferi prevalgono grosse forme di *Globigerina*, di *Cibicides* e di *Ellipsonodosaria nuttalli* (DI NAPOLI, 1948).

MIOCENE

Tenuto conto delle incertezze che ancora regnano, soprattutto per quanto riguarda la stratigrafia di dettaglio e i limiti verticali, la serie dei terreni miocenici può essere così sintetizzata: *Aquitano-Langhiano* (*) con marne, marne arenacee, arenarie; *Elveziano* con marne calcaree e arenacee, argille marnose, sabbie; *Tortoniano* con prevalenti marne; *Messiniano* con marne intercalate a grossi banchi di sabbie e di gessi. La parte alta del *Miocene* manca sulle strutture più accentuate, ed è quindi poco conosciuta; nella pianura padana in generale vi è un passaggio — sempre nel *Miocene superiore* — da facies marine a facies lagunari-salmastre, e secondo PERCONIG (1952, pag. 130) anche nella zona ferrarese vi sarebbero materiali che denunciano il fenomeno: sabbie con intercalazioni marnose a granuli di pirite singenetica, miche, assenza di foraminiferi bentonici e sopravvivenza di foraminiferi planctonici affetti da nanismo; caratteri che sembrano dovuti a forti variazioni di salinità e di temperatura e allo sviluppo di H₂S.

I terreni dell'*Aquitano* e del *Langhiano* (o presunti tali, poichè in merito vi sono ancora molti dubbi, specialmente per quanto riguarda la base del *Miocene*) compaiono: a Porotto da

(*) Non è ancora possibile distinguere l'*Aquitano* dal *Langhiano* per la mancanza di buoni termini di confronto; non esistono infatti finora pubblicazioni micropaleontologiche esaurienti sul *Miocene inferiore* italiano.

metri 350 a 570, con marne e marne calcaree; a Diamantina da metri 170 al termine del pozzo (m. 282) con marne calcaree e arenacee interrotte da deboli intercalazioni sabbiose; a Vicenza Nuova da metri 411 a 620, con banchi di marne e marne arenacee abbastanza compatte alla base delle quali (m. 602-620) vi è un banco di arenaria, sciolta. Le marne ritenute langhiane sono sempre piuttosto compatte, e nelle relative microfaune vi è abbondanza di individui planctonici fra i quali compaiono i generi *Orbulina*, *Candorbulina* e la specie *Globigerinoides sacculifera* (DI NAPOLI, 1952, pag. 232); queste marne (ora argillose e color grigio-cenere, ora sabbiose) sono uguali a quelle coeve dell'Appennino settentrionale. Il *Miocene inferiore* è stato attraversato anche dal pozzo N. 1 di Cona, ma i campioni non presentarono elementi sufficienti per una delimitazione abbastanza sicura dei terreni; è solo noto che da metri 550 a 650 vi è un *Miocene medio-inferiore* o *inferiore* con alternanze di sabbia e di marne arenacee, mentre da metri 650 a 700 compaiono marne con livelli sabbiosi che possono essere assegnati al *Miocene inferiore* o all'*Oligocene*.

Le nostre conoscenze sul *Miocene medio-superiore* sono relativamente più progredite, perchè esso compare in un numero di pozzi meno esiguo; ciò non toglie che vi siano al riguardo molti problemi aperti, soprattutto per quanto riguarda la parte più alta del *Miocene*, che in molti pozzi manca per l'emersione delle più note strutture durante tale periodo; emersione cui seguì inevitabilmente un parziale asporto di materiali. A Porotto, da metri 249 a 370, vi sono marne, marne arenacee e marne calcaree ascritte all'*Elveziano inferiore*; a Montalbano l'*Elveziano* andrebbe da metri 998 al termine del pozzo (m. 1332), ma questi dati non sono sicuri, perchè può darsi che gli ultimi banchi attraversati dal pozzo appartengano già al *Langhiano*; anche a Spinazzino (pozzo N. 4) da metri 1082 al termine del pozzo (m. 1140) vi sono terreni ascritti con dubbio all'*Elveziano* ma che potrebbero essere almeno in parte langhiani.

Livelli marnosi ritenuti del *Tortoniano* compaiono da metri 486 a metri 539 nel pozzo N. 1 di Cona, da metri 920 a 1003 nel pozzo N. 2 di Cona, da m. 936 a 998 nel pozzo N. 5 di Montalbano; a Spinazzino invece (pozzo N. 4) i livelli da metri 1028 a 1082 possono essere tortoniani o elveziani. Una forte serie miocenica, comprendente i terreni anteriori al *Messiniano* e costituita da marne, spesso sabbiose, con deboli inter-

calazioni di arenarie e con un livello ghiaioso (verso metri 560) è stata attraversata a Portomaggiore (dal pozzo C. 172 della S.I.N.) da metri 326 a metri 1363.

I banchi di marne, arenarie e gessi per i quali si è adottato il nome di *Messiniano*, sembrano essere ben sviluppati nel sottosuolo dell'area rilevata, e rappresentano le facies lagunari salmastre dovute alla regressione tardomiocenica; in alcuni dei pozzi perforati, essi sono più o meno ridotti, o mancano del tutto, per l'erosione seguita all'emersione delle anticlinali più accentuate. Il massimo sviluppo dei terreni a facies lagunare-salmastra dovrebbe corrispondere alla zona compresa tra la « dorsale ferrarese » e l'Appennino, mentre a Nord della « dorsale ferrarese » — e in genere nella conca centrale della pianura padana — vi furono aree in cui le facies marine continuarono regolarmente; lo dimostrano ad esempio le ricche microfaune di alcuni pozzi del piacentino. Il *Messiniano* compare nel pozzo N. 2 di Cona fra metri 300 e 920; le relative marne e sabbie contengono notevoli intercalazioni gessose che si sviluppano alle profondità di 300-560 metri e 630-680 metri. A Montalbano, il *Messiniano* è presente da metri 722 al termine del pozzo (m. 1234) nel pozzo N. 1, da metri 510 al termine (m. 597) nel pozzo N. 3, da metri 522 a 936 nel pozzo N. 5. A Spinazzino, nel pozzo N. 1 si ritengono messiniani i livelli da metri 526 al termine del pozzo (m. 897), nel pozzo N. 4 quelli da metri 512 a m. 1028. A Gualdo, da 667 a 950 metri (base del pozzo) comparvero delle marne grige (assegnate al *Messiniano*) a frequente alternanza con straterelli di arenarie e di sabbie incoerenti: il carotaggio elettrico mostra un profilo della porosità a continue e rapidissime variazioni.

Nelle località esplorate mediante perforazioni, il *Miocene* è seguito in discordanza dal *Pliocene*, oppure dal *Quaternario inferiore*, o in qualche caso addirittura dal *Quaternario medio*.

Gli spessori assegnati al *Miocene* dai dati suesposti riguardano solo le località in cui sono state eseguite perforazioni, cioè le culminazioni di strutture positive; naturalmente occorre tener presente che a Nord del Po (zona Polesella-Crespino), dove gli strati si abbassano per collegarsi alla conca centrale padana, l'incremento degli spessori deve essere notevole.

PLIOCENE

Il *Pliocene* può assumere, nell'area rilevata, spessori estremamente variabili; presso il limite Nord-Est del foglio si presume che raggiunga la potenza di molte centinaia di metri, mentre in corrispondenza dei rilievi sepolti si assottiglia notevolmente; in vari casi, e precisamente sulle anticlinali più sviluppate (Porotto, Vicenza Nuova, Cona, Diamantina) manca del tutto. Si presume che l'assenza del *Pliocene* o di una parte di esso sia dovuta non sempre a mancata deposizione, ma in vari casi anche ad erosione ed asporto per opera della notevole trasgressione verificatasi tra il *Pliocene* e il *Calabriano*.

Nelle località dove il *Pliocene* è stato attraversato, è abbastanza chiara la sua trasgressività sulla parte alta del *Miocene*; non si è peraltro sicuri se in tutta la zona, cioè anche presso gli assi delle sinclinali, il *Pliocene* sia trasgressivo sul *Tortoniano* o sul *Messiniano inferiore*. È logico supporre che le strutture sulle quali il *Pliocene* manca completamente siano rimaste emerse a guisa di isolotti o di cordoni insulari durante tutto il periodo.

Il *Pliocene* consta di argille azzurre fini e a bassissima porosità, in tutto simili a quelle tipiche del *Piacenziano* appenninico; nella parte inferiore, o meglio presso la base, vi possono essere rarissime e minime intercalazioni sabbiose. La porosità dei materiali è tanto ridotta che è quasi sempre possibile individuare il *Pliocene* a mezzo del carotaggio elettrico, poichè il profilo della porosità presenta sempre una marcata strozzatura la cui estensione verticale corrisponde allo sviluppo delle argille plioceniche. Le belle microfaune raccolte in queste argille sono estremamente analoghe a quelle del *Piacenziano* dell'Appennino settentrionale; sono abbondanti — sia come numero di specie che di individui — e ben conservate, e in genere contengono una percentuale di forme estinte compresa tra il 12% (per i livelli più bassi) e il 4% (per i livelli più alti): rispetto agli strati basali, la parte più recente offre in esame microfaune ad *habitus* nettamente più recente.

A Guaido il *Pliocene* si sviluppa da 667 a 410 metri, ed è rappresentato da argille azzurrognole compatte, con molluschi; nella parte superiore queste argille sono estremamente analoghe a quelle del tipico *Piacenziano* dell'Appennino settentrionale; nella parte inferiore (sotto i 486 metri) esse sono interrotte da

straterelli di sabbia fine: l'appartenenza al *Pliocene* degli strati più bassi è stata peraltro messa in dubbio da qualche ricercatore.

Anche a Gaibana compaiono argille azzurre compatte; esse sono sormontate — a 330 metri — dal *Calabriano*. A Spinazzino, pozzo N. 1, sono ascritti al *Pliocene superiore* i materiali da 422 a 365 metri; nel pozzo N. 3 i livelli da 526 a 271 metri sono pure ritenuti pliocenici, e sono seguiti in trasgressione dal *Quaternario* marino; il pozzo N. 4 ha attraversato materiali attribuiti al periodo in questione da 214 a 512 metri.

A Mortalbano il *Pliocene medio-inferiore*, seguito da *Quaternario* marino trasgressivo, compare: da metri 722 a 440 nel pozzo N. 1, da metri 510 a 386 nel pozzo N. 3, e da metri 522 a 301 nel pozzo N. 5. Il *Pliocene superiore* è presente nel pozzo N. 1 (metri 440-355) e nel pozzo N. 3 (metri 386-370); esso manca nei pozzi N. 5, 7 e 8.

A Pontelagoscuro, il limite tra *Pliocene* e *Calabriano* è stato posto da SELLI a 288 metri di profondità.

Tutti i valori ora esposti riguardano località situate in corrispondenza di strutture positive; essi non possono quindi dare un'idea degli spessori massimi e delle profondità alle quali si incontra il *Pliocene* nelle aree sinclinali. Lo scrivente ritiene che verso il limite Nord del foglio, e precisamente nella zona di Polesella, il limite *Plio-Pleistocene* sia situato verso la profondità di 900 metri.

Q U A T E R N A R I O

PLEISTOCENE INFERIORE

I terreni del *Pleistocene inferiore* della bassa pianura padana sono stati suddivisi da RUGGIERI e SELLI (1949) nei seguenti piani: 1) *Calabriano*, 2) *Emiliano* e 3) *Siciliano*. I piani 1) e 3) presentano tra loro varie analogie; sono dati da banchi argillo-sabbiosi con microfaune impoverite d'acque non profonde, a bassissima percentuale di specie estinte; contengono alcune forme oggi assenti nel Mediterraneo, e l'associazione microfau-nistica indica un corrispondente clima temperato-freddo. *Calabriano* e *Siciliano* sono separati da un banco di sabbie a microfauna temperato-calda, con predominio di grosse forme arenacee (*Textularidi*) e grosse *Miliolidi*; per questo modesto complesso RUGGIERI e SELLI hanno coniato il nome di *Emiliano*.

Nel sottosuolo del foglio «Ferrara» però, il *Pleistocene inferiore* è spesso assente, e anche dove è stato attraversato da perforazioni non è stato esaminato in tutte le sue particolarità; dobbiamo perciò limitarci a poche considerazioni generali, prescindendo dalla suddivisione adottata dai due Autori succitati; nelle righe che seguono viene quindi indicato col nome di *Pleistocene inferiore* quel complesso di materiali argillo-sabbiosi, in facies nettamente marina, il cui limite superiore coincide con la scomparsa della tipica associazione *Anomalina balthica*-*Cassidulina laevigata*.

La trasgressione plio-pleistocenica, osservabile in tutta la pianura padana, è marcata — nella zona centrale del delta padano — da una brecciola chiamata localmente «crostone» e che tiene il posto del conglomerato basale; il «crostone» è sostanzialmente un impasto di argilla con minuti ciottoli, frammenti di alghe calcaree e di molluschi, foraminiferi ben sviluppati con mescolanze di forme plioceniche e pleistoceniche. Non è chiaro in quali aree esso sia presente; nella zona rilevata può comparire all'angolo Nord-Est (a settentrione del Pb), ma ivi i pochi pozzi profondi non raggiunsero la base del *Quaternario*. In corrispondenza delle strutture positive sembra essere generalmente assente; in tali casi la trasgressione è semplicemente rappresentata da una più o meno marcata lacuna stratigrafica.

Le argille sabbiose e sabbie argillose riferibili al *Calabriano* e al *Siciliano* si deposero in acque sottili: sembra che la profondità delle acque non abbia mai superato il centinaio di metri. Le microfaune contenute, fresche e ben conservate, presentano poche specie e un alto numero di individui, con una percentuale di forme estinte che varia da un massimo del 4% a un minimo dello 0%; caratteristica è la presenza — in quasi tutti i livelli fossiliferi — di *Anomalina balthica*, associata ad altre forme che persistono anche in livelli più recenti. Abbondano soprattutto: *Cassidulina laevigata*, varie *Bulimina*, *Uvigerina* e *Bolivina*, altri generi di acque profonde quali *Lagena* e *Pyrgo*; notevoli come abbondanza sono anche i generi *Robulus*, *Nonion*, *Dentalina*, *Discorbis*, *Eponides*.

Lo spessore del *Pleistocene inferiore* è estremamente variabile a seconda della località considerata e in conseguenza soprattutto della trasgressione; già si vide nelle scorse pagine come in alcuni pozzi (Diamantina, Vicenza Nuova, Porotto) vi sia

una lacuna stratigrafica di ampiezza tale da determinare l'eliminazione di tutti i livelli, dal *Miocene medio* o *medio-superiore* al *Pleistocene superiore*. Di contro, gli spessori massimi del complesso *Siciliano-Calabriano* sembrano superare i 300 metri al centro delle sinclinali più sviluppate; gli strati vanno quindi assottigliandosi verso le ali delle sinclinali, riducendosi a zero presso le sommità delle strutture positive più accentuate.

L'andamento dei banchi argillosi e sabbiosi è tranquillo; le inclinazioni sono molto deboli e, a differenza di quanto si verifica nei sottostanti terreni miocenici, i disturbi tettonici non sono apprezzabili. È soprattutto la sedimentazione pleistocenica che ha provveduto a colmare le conche e livellare la movimentata topografia delle «colline sepolte» cenozoiche.



Figura 1 — La cartina, alla scala 1:500.000, rappresenta il foglio rilevato e riporta l'ubicazione delle località e dei pozzi citati nel testo. Le località minori sono indicate da un cerchietto vuoto; i pozzi più importanti sono segnati nella loro esatta posizione e indicati da un cerchietto pieno. I due punti marcati da un triangolo e contrassegnati con le lettere A e B riguardano la spiegazione della tavola fuori testo.

A Cona (pozzo N. 1) da metri 405 a 486 sono state attraversate sabbie argillose, con intercalazioni di argilla, assegnate al *Calabriano*; esse rappresentano una facies neritica a clima temperato-freddo. Una formazione analoga è presente da metri 294 a metri 300 nel pozzo N. 2 di Gona; qui vi è però, la base del *Calabriano* (300-308 metri) è costituita da un banco poroso a sabbie, ghiaie e torba. Anche a Gualdo vi sono materiali sabbiosi con sottili intercalazioni di argilla grigia; essi poggiano, sempre trasgressivamente, sul *Pliocene* a 410 metri di profondità. A Gaibana sembra che i banchi compresi tra 200 e 330 metri vadano ripartiti tra il *Calabriano* e il *Siciliano*; nella parte inferiore la composizione in argilla e sabbia è equilibrata, mentre verso l'alto (soprattutto da 200 a 230 metri) vi è un grosso banco di sabbia con sottili livelli argillosi; a 250 metri sono stati recuperati resti di molluschi marini. A Portomaggiore il *Calabriano* si sviluppa, con alternanze di argille sabbiose e di sabbie, da 257 a 300 metri; il *Siciliano* è stato riconosciuto — nella stessa località e con materiali analoghi — da metri 230 a 257.

In altri pozzi il *Calabriano* è assente o è rappresentato solo dalla parte terminale. A Spinazzino, sabbie a modesto contenuto argilloso (ascritte al *Siciliano*) giacciono trasgressive sul *Pliocene*; il limite tra le due formazioni è a 365 metri nel pozzo N. 1, a 271 metri nel pozzo N. 3, a 264 metri nel pozzo N. 4; in questi ultimi due pozzi il *Siciliano* giace direttamente sul *Pliocene inferiore*. A Montalbano il limite *Plio-Pleistocene* è a metri 335 (pozzo N. 1), 370 (pozzo N. 3), 301 (pozzo N. 4), 348 (pozzo N. 7) e 408 (pozzo N. 8); anche in questa località si ritiene che i terreni pleistocenici siano rappresentati da *Siciliano* che poggia su *Pliocene superiore* (pozzi N. 1 e 3) o su *Pliocene inferiore* (pozzi N. 5, 7 e 8).

A Pontelagoscuro SELLI ha riconosciuto e illustrato, da metri 154 a 288, un *Pleistocene* marino con tipiche microfaune ad *Anomalina balthica* e *Cassidulina laevigata*.

Sulle strutture positive più accentuate (Diamantina, Vicenza Nuova, Porotto) il *Pleistocene inferiore* marino manca; di contro, al limite Nord-Est del foglio rilevato si hanno i massimi spessori: benchè non si abbiano dati sicuri in proposito, ivi il *Quaternario* marino dovrebbe spingersi fino a quasi 1000 metri di profondità.

All'inizio del *Pleistocene superiore* (*), tutta l'area rilevata aveva ormai subito in grado notevole una livellazione in virtù delle azioni erosive sui rilievi emersi e della attiva sedimentazione nelle conche marine. I materiali del *Pleistocene superiore* denotano una frequente alternanza di episodi a facies litorale, lagunare e palustre-continentale; alternanza determinata da un complesso gioco di fattori, tra i quali predominano le variazioni eustatiche del livello marino, il movimento di subsidenza di tutta l'area deltizia, le fasi tardive di una tettonica quaternaria messa in luce da alcuni studi recentissimi, la co-stipazione dei sedimenti e altri fattori di secondaria importanza.

Le variazioni di facies, tanto in senso verticale che orizzontale, sono innumerevoli: la coltre dei sedimenti del *Pleistocene superiore* può essere considerata come un complesso di lenti, molto appiattite, alle quali raramente si alternano letti o banchi a notevole estensione orizzontale. Impossibile quindi individuare alcuni orizzonti-guida per la correlazione a distanza delle varie formazioni litologiche; a ciò si aggiunge l'assenza di fossili-guida, almeno per quanto riguarda l'area rilevata.

Le *facies marine* sono costituite da lembi di argilla e di sabbia, sempre a spessore limitato; nella parte inferiore esse contengono microfaune che possono dare indicazioni sull'età e sull'ambiente di deposizione. La serie inizia, in basso, con livelli grossolani a foraminiferi arenacei ben sviluppati (*Textulariidae*), grosse *Miliolidae* e alcune altre forme (fra cui abbondanti esemplari di *Rotalia beccari*) che indicano in complesso acque sottili e clima più caldo dell'attuale; livelli con questi caratteri sono stati assegnati da RUGGIERI e SELLI al *Milaziano I*, e dovrebbero corrispondere all'interglaciale Mindel-Riss. Segue verso l'alto un pacco di letti argillosi che lascia intravedere spesso una deposizione in ambiente deltizio e in clima temperato-freddo: microfaunule nane a *Cassidulina laevigata*, *Eponides frigida*, *Pyrgo*, *Lagena*, *Bulimina*, *Bolivina*, *Loxostoma* ecc., ostracodi, fram-

(*) In queste pagine, vengono assegnati al *Pleistocene superiore* tutti i terreni a varia facies compresi tra il *Siciliano* e le alluvioni postwürmiane. Non è ancora possibile stabilire una suddivisione esatta di questi terreni in *Milaziano*, *Tirreniano*, ecc. nè tentare una correlazione tra i ripetuti episodi marini, lagunari e continentali e l'andamento delle fasi glaciali e interglaciali.

menti vegetali e materiali torbosi, rogoni di *Characeae* e semi vegetali, piccoli molluschi fluitati d'acqua dolce; lo spessore di questi depositi, a clima più freddo dell'attuale, è esiguo (qualche metro); essi dovrebbero essersi depositi durante una parte dell'*anaglaciale* o del *cataglaciale* Riss. Tra questi sedimenti, in un certo senso ancora databili, e l'*Olocene* vi sono altri livelli marini, piuttosto sabbiosi e sempre a spessore esiguo, con microfaunule spiccatamente oligotipiche e banali.

Le *facies salmastre e lagunari* sono identificabili soprattutto per l'abbondanza di elementi continentali (vegetali in frammenti, ostracodi ecc.) e per la rarità dei foraminiferi; divengono invece più abbondanti i frammenti o piccoli gusci di bivalvi, tra cui predominano le forme: *Lentidium mediterraneum*, *Venus gallina* e varie specie di *Tellina*, *Donax*, ecc.

Le *fasi continentali* sono frequentemente rappresentate da sottili livelli palustri con torbe, abbondanti resti di vegetali acquatici, grumi e noduli di limonite, molluschi d'acqua dolce (e in particolare opercoli di *Bythynia tentaculata*); in generale questi livelli sono associati a banchi di sabbia sterili interpretabili come deposizioni fluviali.

I limiti di questo complesso indicato come *Pleistocene superiore* sono spesso incerti; a titolo indicativo riporto i seguenti dati: a Porotto vi sono argille e sabbie, con alternanza di episodi continentali, salmastri e litorali, da metri 160 a 249: esse contengono livelli di torba a metri 160 e 191; a Vicenza Nuova compaiono sabbie e argille con microfaunule da metri 120 a 160. A Cona vi sono argille sabbiose e sabbie con intercalazione di letti argillosi; contengono alcune microfaunule, sempre d'acqua sottile, e si sviluppano da metri 186 a 405 (pozzo N. 1) e da metri 200 a 405 (pozzo N. 2). A Gualdo il complesso in esame è dato da sabbie e sabbie argillose; esse contengono — da metri 260 a 300 — un forte banco di argilla con deboli intercalazioni sabbiose; vi sono inoltre torbe da metri 260 a 280, e molluschi marini da metri 230 a 250. Ad Ambrogio prevalgono le argille, alternate a banchi di sabbia; vi sono torbe e molluschi marini da 250 a 400 metri; segue (da metri 400 a 420) un banco di sabbia porosa con una falda di idrocarburi gassosi.

A Copparo, notevole banco sabbioso con molluschi marini e metano da 190 a 235 metri. A Ostellato, da metri 230 a 290

vi è un forte banco argilloso che contiene (a metri 260) un livello di sabbia con ciottoli; il banco di argilla poggia su livelli sabbiosi con resti di vegetali, molluschi e letti di torbe che si sviluppano da 290 a 335 metri. A Pontelagoscuro (SELLI 1946) s'incontrano materiali d'ambiente lagunare e deltizio — con scarse faunule e con livelli torbosi — da metri 89 a 154. Il limite superiore del complesso in esame può essere situato intorno ai metri 160 a Vicenza Nuova, 240? a Porotto, 170 a Diamantina. A Tresigallo, il livello marino più recente si trova verso 135 metri, ma da 135 a 250 metri vi sono formazioni quasi esclusivamente continentali: banchi di sabbia — con manifestazioni di idrocarburi gassosi e acqua dolce — da 140 a 230 metri, e argille interrotte da banchi di sabbia (con metano e acqua salata) da 230 a 295 metri; solo da 260 a 330 metri vennero osservati dallo scrivente resti di organismi marini non rimaneggiati. A Montalbano (pozzo N. 5) le fasi marino-salmastre in oggetto compaiono da metri 217 a 132; lungo questo tratto vi sono sabbie micacee a grana media interrotte da argille grigio-cerulee, e non sono rare le malacofaune — benché povere in specie — con prevalenza di *Cerithium*, *Bittium*, *Venus*, *Turritella*, *Dentalium*. A Portomaggiore il *Pleistocene superiore* si sviluppa tra metri 87 e 230; nella parte inferiore è costituito da sabbie alternate ad argille sabbiose, mentre nella parte superiore prevalgono le sabbie, con pochi letti di argilla e con intercalazioni torbose.

OLOCENE

Il limite inferiore della coltre olocenica è alquanto incerto; infatti, come già si disse a proposito del *Pleistocene superiore*, non è ancora possibile — allo stato attuale delle conoscenze — datare con precisione i terreni depositisi durante le due ultime glaciazioni e durante l'ultimo interglaciale; di conseguenza, il concetto di assegnare all'*Olocene* il mantello alluvionale esente da intercalazioni marine implica un errore nella valutazione del limite inferiore, perchè detta coltre può comprendere anche materiali depositisi durante il *Würmiano*: ciò vale soprattutto per l'area Sud-Ovest del foglio «Ferrara». All'angolo Nord-Est del foglio invece può accadere il contrario, e cioè che le ultime deboli intercalazioni marine siano già postwürmiane; infatti, procedendo — fuori del foglio «Fer-

rara» — fino al litorale adriatico, si deposero lenti di sabbie e argille a molluschi marini e salmastri non solo in epoca storica, ma addirittura in tempi recentissimi, come dimostrano ad esempio i molluschi trovati alla profondità di quattro metri nella zona di Ariano Polesine.

Pur ammettendo comunque un errore nella stima del limite inferiore, lo spessore dell'*Olocene* nell'area rilevata può variare da 80 a 300 metri circa; quindi uno degli effetti principali dell'alluvionamento olocenico è stato il livellamento delle conche ancora esistenti nel *Würmiano*; allora vi erano infatti dislivelli massimi dell'ordine di due centinaia di metri, mentre oggi il massimo dislivello osservabile nel foglio «Ferrara» è limitato a 16 metri circa. Litologicamente l'*Olocene* consta di sabbie a grana varia e di argille più o meno sabbiose; si notano inoltre alcuni letti di torba e alcuni livelli di sabbia contenenti ciottoletti; i materiali, sia in forma di lenti che di banchi, presentano continuamente addentellati e variazioni laterali. Non è ancora chiaro — per mancanza di studi specifici — in quale misura hanno influito, sulla composizione psammografica, le alluvioni del Po e rispettivamente del Reno, e come varia quindi nei diversi livelli l'apporto di materiali alpini e appenninici. I resti organici abbondano soprattutto nei livelli torbosi, e sono dati da vegetali continentali (frammenti di legno, semi, pollini ecc.) e da gusci di molluschi terrestri o d'acqua dolce (*Helicella*, *Lymnaea*, *Bythynia*, *Physa*, *Planorbis* ecc.). Nelle aree più soggette a regime palustre compaiono anche valve di *Cardium*, con tutti i termini di passaggio tra le forme *edule* e *lamarcki*.

A Cona (pozzo N. 1) vi sono alluvioni con ghiaie, sabbie e qualche livello torboso da 0 a 186 metri; nel pozzo N. 2 l'*Olocene* sembra giungere fino a 200 metri, e le alluvioni da 0 a 130 metri sono interrotte da letti di torba. A Porotto la coltre olocenica giunge fino a 186 metri di profondità; a Vicenza Nuova fino a 120 metri; a Pontelagoscuro fino a 89 metri (alluvioni con livelli torbosi).

A Gualdo, bancate di argilla poste fra 60 e 70 metri e fra 90 e 110 metri interrompono la serie di sabbie e di materiali grossolani. A Gaibana prevalgono le argille da 0 a 100 metri, mentre sotto di queste prevalgono le sabbie. Ad Ambrogio la serie olocenica è la seguente: argille con abbondanti livelli di

torba da 0 a 15-20 metri; spessi banchi di sabbia — con sottili letti di argilla e torba — da 20 a 140; terreni argillo-sabbiosi (con qualche livello torboso) da 140 a 205; sabbie con idrocarburi gassosi da 205 a 245 metri.

A Copparo vi sono argille da 0 a 30 metri, sabbie da 30 a 60, materiali argillosi da 60 a 100, sabbie grossolane meta-nifere da 100 a 130, e materiali misti da 130 a 190. A Ostelato le alternanze di sabbie e argille sono frequenti, e si spingono — con intercalazioni di livelli torbosi — fino a 230 metri di profondità. A Ferrara grossi banchi di sabbie e di argille si alternano fino a 220 metri; questi banchi contengono livelli ghiaiosi a metri 35, 95 e 120-135; s'incontrano invece letti di torba a metri 10, 100 e 150-200.

A Tresigallo vi sono torbe e abbondanti frammenti vegetali (da metri 50 a 75) entro alluvioni continentali prevalentemente sabbiose che si spingono fino a 140 metri. A Portomaggiore le argille prevalgono da 0 a 150 metri, mentre sotto (da 150 a 190) vi sono sabbie gassifere. A Montalbano l'*Olocene* (metri 0-132) è costituito da sabbie micaee e spesso argillose a grana media e fina; queste si alternano con pochi banchi di argilla grigio-verde a intercalazioni torbose; a metri 48 vi è un livello ricco in gusci di molluschi d'acqua dolce (*Lymnaea* e *Planorbis*).

LITOLOGIA DI SUPERFICIE

Nel foglio «Ferrara» i terreni di superficie (alluvioni recenti e attuali) sono distinti secondo la loro composizione granulometrica; sono anche distinti i terreni contenenti più del 10% di sostanza organica (limitati essenzialmente alle aree di recente bonifica). Altri dati, quali la calcimetria e la stima del pH, sono stati eliminati perchè rientrano nel campo della pedologia vera e propria e perchè avrebbero compromesso eccessivamente la chiarezza della carta geologica.

Buona parte dei dati riguardanti la provincia di Ferrara provengono da uno studio pubblicato nel 1937 da FERRARI, FIANO e SANDRI: studio nel quale vennero analizzati con cura centinaia di campioni di terreno; di ogni campione furono determinate le proprietà fisico-meccaniche (frazione superiore a mm. 0,2, frazioni comprese tra mm. 0,2-0,1 e tra 0,1-0,02 e frazione inferiore a mm. 0,02) e le proprietà chimiche (pH e percentuali in calcare, in sostanze organiche e in azoto). Un primo tentativo di riportare su una carta alla scala di 1:100.000 i risultati di questo studio vennero fatti da G. LUCCHETTI, dell'Istituto di Botanica dell'Università di Ferrara, che mise gentilmente a mia disposizione questo suo abbozzo inedito di carta pedologica della provincia di Ferrara. Venne anche consultata, per la litologia di superficie, la carta edita dall'I.G.M. (numero 38 di questa bibliografia).

Considerando il carattere essenzialmente geologico del foglio «Ferrara», lo scrivente ritenne opportuno esaminare la distribuzione dei terreni anche in relazione alla morfologia; vennero così raccolti e analizzati tutti i campioni necessari per completare l'area compresa nel foglio (e principalmente la zona compresa tra il Po e il Canal Bianco) e venne fatta una revisione di tutta l'area in studio tenendo conto appunto delle condizioni morfologiche e della distribuzione altimetrica delle singole aree (*). Più che i dati forniti da ogni singolo campione assunsero quindi importanza i dati medi di un raggrup-

(*) Mi fu di valido aiuto, in questa revisione, uno scambio di idee col geografo Prof. M. ORTOLANI, che ringrazio qui vivamente. Lo stesso Prof. ORTOLANI mise gentilmente a mia disposizione una cartina da lui compilata con l'andamento delle isoipse di 2 in 2 metri nella regione in esame.

pamento di campioni: in tal modo si manifestarono evidenti relazioni tra la disposizione delle varie zone altimetriche e la distribuzione dei terreni sabbiosi, a medio impasto e argillosi. Esaminando infatti la distribuzione delle quote, risulta chiaramente che i vecchi rami del Po lasciarono, nel loro errare, degli allineamenti di dossi disposti a ventaglio; il centro del ventaglio è posto presso la città di Ferrara, e gli allineamenti principali — in numero di cinque — divergono verso Sud, Sud Est, Est-Sud Est, Est-Nord Est, e Nord-Nord Est.

Tra i vari allineamenti dei dossi (prevalentemente sabbiosi) vi sono striscie depresse occupate da materiali argillosi, e sono proprio queste ultime che spiccano più evidenti sul foglio geologico; basti osservare brevemente gli allineamenti di plaghe argillose presso le località: Aguscello-Masi San Giacomo (direzione Sud Est), Fossalta-Formignana (direzione Est), Pontelagoscuro - Canaro - Barbarina (direzione Nord-Nord Est); gli allineamenti ora citati fanno tutti capo alla zona di Cassana.

Nel settore Nord del foglio «Ferrara» la distribuzione dei materiali è complicata dalle interferenze tra il Po e il Canal Bianco: ai due lati di quest'ultimo (che entra nel foglio rilevato solo con due anse) vi sono striscie sabbiose, mentre il Po sembra abbia riversato i materiali più grossolani all'esterno della sua grande ansa. A Est, tra Ambrogio e Migliarino, compare il lembo occidentale della vasta zona bonificata, a materiali minuti e ricchi in sostanze organiche. Un altro lembo a materiali prevalentemente minuti si trova a Sud Ovest, in corrispondenza del Reno.

T E T T O N I C A

GENERALITA'

I dati sulla tettonica del sottosuolo ferrarese provengono dalle campagne di esplorazione geofisica condotte da squadre specializzate negli ultimi 25 anni. Le ricerche vennero iniziate nel 1927, e proseguite con vari metodi (gravimetrico, magnetico, sismico a riflessione e a rifrazione, elettro-tellurico) in varie regioni italiane, compresa l'area in oggetto. Fra le campagne che più giovarono alla conoscenza del sottosuolo del foglio «Ferrara» ricordo le seguenti: per conto dell'A.G.I.P., dal 1950 al 1953, eseguirono rilievi geofisici nell'area in esame le seguenti squadre: la «Western Geophysical Company» col metodo *sismico*, la «Sezione Geofisica dell'A.G.I.P.» coi metodi *sismico* e *gravimetrico*, la «Compagnie Générale de Géophysique» col metodo *tellurico*. Per conto della «S.P.I.» la squadra geofisica della Western Geophysical Company ha proceduto dal giugno 1947 al giugno 1949, al rilievo col metodo *sismico* di tutta l'area interessata, ripetendo poi la ricerca più in dettaglio nelle zone di Cona e Montalbano. Analoghe ricerche furono condotte, dalle stesse squadre, per conto della Società Idrocarburi Nazionali (S.I.N.), che da anni studia e sfrutta la struttura di Consandolo (a sud del foglio rilevato) e che ultimamente eseguì una perforazione di grande interesse (fino a metri 1363) nella zona di Portomaggiore, al limite tra i fogli «Ferrara» e «Imola». Benchè le campagne di ricerca geofisica abbiano curato particolarmente, come si vede ora, il rilievo delle strutture che entrano nel foglio «Ferrara», non si possiedono ancora elementi di dettaglio sufficienti per una conoscenza esatta delle strutture in questione.

Come si vede dalla carta geologica, il foglio «Ferrara» è attraversato da un fascio di strutture che hanno andamento generale WNW-ESE: andamento che è grossolanamente parallelo alla linea pedeappenninica (e, entro certi limiti, alle direttrici tettoniche dell'Appennino) nel tratto Modena-Imola; queste corrispondenze invitano a considerare le strutture sepolte del Ferrarese come una continuazione delle strutture dell'Appennino emiliano.

Le ricerche geofisiche hanno messo in luce l'andamento e l'assetto degli strati fino a una profondità di oltre 5 chilo-

metri; il carattere più evidente, com'è logico, consiste nella tranquillità della coltre quaternaria, affetta in misura minima dai movimenti tettonici, e nella crescente serie di disturbi che si riscontrano procedendo dal *Pliocene* al *Cretaceo*. Particolare considerazione merita il fatto che nel *Pliocene inferiore* i disturbi tettonici si vanno notevolmente attenuando; le fasi culminanti che dettero origine alle strutture in questione si verificarono quindi principalmente durante il *Miocene*, soprattutto per opera di spinte tangenziali; mentre durante il *Pliocene* e il *Quaternario inferiore* prevalsero i movimenti verticali, in concomitanza con l'erosione delle aree emerse e con l'attiva sedimentazione nelle depressioni. Si devono appunto a questo gioco di varie forze le lacune stratigrafiche, riscontrate sulle strutture positive, che interessano la parte terminale del *Miocene*, il *Pliocene* e il *Quaternario inferiore* (vedi «Stratigrafia»). Durante il *Pleistocene superiore* e l'*Olocene* prevalse infine un movimento generale di subsidenza in virtù del quale la coltre alluvionale poté assumere spessori notevoli.

A differenza di quanto si verifica per i terreni più recenti, gli strati dal *Cretaceo* al *Miocene* incluso oltre ad assumere notevoli inclinazioni, sono affetti da un rilevante numero di faglie; alcune di queste hanno notevole estensione e accompagnano più d'una struttura positiva, sia in coincidenza con l'asse che parallelamente a questo. Altre hanno ben più modesta entità e hanno in buona parte la stessa direzione della dorsale; sono di preferenza raggruppate a fasci e concentrate al nucleo delle anticlinali: sembra che i loro piani abbiano forti inclinazioni con immersione in parte a NNE, e in parte a SSW.

Un esempio chiaramente dimostrativo dei caratteri tettonici suesposti è visibile nella sezione sismica riportata alla Tavola I.

Dai dati in nostro possesso a tutt'oggi, il sottosuolo ferrarese risulta caratterizzato da un'alternanza abbastanza fitta di anticlinali, sinclinali e fratture, quasi tutte concentrate nel territorio a Sud del Po. Alcune di queste sono limitate in estensione e riguardano solo il foglio rilevato; altre invece proseguono verso Ovest, entrando nel foglio «Mirandola». Quanto ai caratteri delle strutture — sia positive che negative — e delle linee di frattura, occorre tener presente che in generale le *anticlinali* non vanno intese come dorsali uniformi e continue, ma piuttosto come allineamenti di strutture parziali a contorno

ellittico (*) collegate fra loro — sempre nel senso dell'asse maggiore dell'ellisse — da depressioni a sella; quelle più accentuate subirono — tra il *Miocene superiore* e il *Calabriano* — fasi di emersione, e gli agenti esogeni ne asportarono in parte le sommità. Le *aree sinclinali* non hanno caratteri particolari: sono truogoli allungati e colmati, dall'apporto terrigeno, attivo soprattutto nei tempi plio-pleistocenici. Le *linee di frattura principali* coincidono con le culminazioni assiali, e possono accompagnare la cerniera di un'anticlinale o sostituirsi ad essa; ne è un chiaro esempio la struttura di Cona.

DORSALE MESOPADANA

Di tutto il fascio di anticlinali, sinclinali e linee di disturbo comprese nell'area rilevata, il complesso di strutture positive più settentrionali è più accentuato e viene considerato a parte; esso entra nel foglio provenendo da Novi-Mirandola, decorre appena a Sud del Po puntando su Ferrara, e smembrandosi in varie brachianticlinali si esaurisce verso il limite ESE del foglio. Sue ultime propaggini sono, per quanto si sa finora, le anticlinali di Formignana e di Maiero e la linea di disturbo che da Contrapò si dirige verso Migliarino. Questo complesso è noto sotto i nomi di «*dorsale ferrarese*», o di «*linea Novi-Mirandola-Ferrara*»; ma il suo nome più appropriato è quello di *dorsale mesopadana*. Essa prosegue, con la stessa direzione, a WNW del foglio, fino a Novi Modenese, e qui giunta — cioè all'estremo Ovest — devia dall'orientamento generale WNW-ESE per inflettersi verso Sud. Per questo carattere il Prof. R. FABIANI ha prospettato l'ipotesi che la «*dorsale ferrarese*» abbia rapporti coi movimenti tettonici e con le direttrici assiali del Veneto occidentale (**).

La *dorsale mesopadana* è stata esplorata a fondo da varie squadre e con vari metodi geofisici; per la comprensione dei suoi caratteri essenziali è molto interessante la pubblicazione di CHEREAU e ROGER (1952) riguardante l'esame della dorsale col metodo elettro-tellurico; questo studio conferma i caratteri

rilevati con i metodi geofisici usati in precedenza, e cioè che la serie profonda in facies calcarea (*Eocene inferiore - Cretaceo*) deve avere una tettonica tormentata, con numerose e importanti fratture, mentre i termini superiori (*Oligocene-Miocene*), in facies marnosa, non devono presentare faglie di grande ampiezza, ma possono essere intensamente ripiegati. La *carta tellurica* (figura 1 della succitata pubblicazione) rappresenta la topografia sepolta del nucleo *Cretaceo-Eocene*, calcareo; esso è assai meno conduttore rispetto ai terreni superiori, presentando una resistività di varie decine o centinaia di *ohms* (contro 0,5-3 *ohms* per l'*Oligo-Miocene*). È anche evidente dalla figura la dissimmetria della struttura, che presenta un fianco Nord con ondulazioni secondarie e poco importanti e un fianco Sud a pendio molto ripido e ricco di flessure, faglie ecc. Gli stessi Autori CHEREAU e ROGER ricordano inoltre come il sondaggio elettro-tellurico confermi l'assottigliamento di certi strati sui fianchi della dorsale, con possibilità di terminazioni a «*becco di flauto*» (vedi capitolo «*Stratigrafia*», soprattutto per quanto riguarda il *Pliocene*).

Altri caratteri particolari sulla *dorsale mesopadana* e sulle propaggini in cui essa si smembra al suo limite Est possono essere ricavati dai dati geofisici e di perforazione ottenuti dall'A.G.I.P. per le zone di Cona e di Porotto.

La *struttura di Cona* ha la forma di un ellissoide che passa ai lati a linea di frattura. Sembra veramente, dalle ultime ricerche, che a Cona queste fratture laterali siano parallele all'asse dell'anticlinale e disposte sul fianco meridionale; nè si può escludere che anche la parte centrale dell'anticlinale sia fagliata. La frattura interessa soprattutto i terreni più antichi, fino all'*Oligocene* incluso; le pendenze di strato misurate nel pozzo N. 1 (perforato sull'ala Nord della struttura) hanno i seguenti valori: a 650 metri = liscioni subverticali; a 800 metri = 30°; a 855 metri = 5°; a 1050 metri = 30° con liscioni. Il pozzo N. 2 di Cona (posto sull'ala Sud) ha dato le seguenti pendenze di strato: a 305 metri = strati subverticali?; a 500 metri = 50°; a 600 metri = 40-45°; a 800 metri = 30° circa; a 900 metri = 45° circa.

Il pozzo perforato a Porotto, posto anch'esso su una brachianticlinale, ha dato i seguenti valori per le pendenze di strato: a metri 350 = 25-30°; a metri 620 = 40°; a metri 1000 = 55°; a metri 1065 = 46-47°; a metri 1286 = 37°.

(*) Una chiara visione sulla forma di queste strutture è riportata da Fabiani 1952, pag. 659, fig. 278.

(**) Queste ultime infatti decorrono da Est a Ovest, e fra la Val d'Adige e il lago di Garda s'inflettono verso Sud.

Le pendenze di strato nel pozzo di Vicenza Nuova sono: fino a 513 metri = strati suborizzontali; a 742 metri = liscioni; a 1400-1500 metri = 14-15°; a 1613-1635 metri = 30°.

AREA A SUD DELLA DORSALE MESOPADANA

A Sud della dorsale mesopadana vi è il bacino *emiliano-romagnolo*, che collega la prima con l'Appennino; il bacino presenta sinclinali abbastanza profonde, separate da brachianticlinali non molto accentuate. I materiali cenozoici e mesozoici del bacino emiliano-romagnolo, e in particolare quelli del truongolo indicato come *sinclinale di Ferrara-Sud*, vennero depositi in una serie a forte spessore e a conduttività più alta di quanto si verifica negli strati coevi posti sulla *dorsale ferrarese*; CHEREAU e ROGER interpretano questo dato di fatto come una conferma dell'eteropia di facies che dovrebbero logicamente presentare i sedimenti del truongolo rispetto a quelli ben noti della dorsale.

Il bacino emiliano-romagnolo interessa la parte Sud del foglio rilevato: e tale parte è caratterizzata soprattutto dalla presenza dell'anticlinale di Montalbano.

La *struttura mineralizzata di Montalbano* (*) venne studiata in dettaglio dalla «S.P.I.» e i principali risultati ottenuti dalla geofisica col metodo magnetico furono pubblicati dall'Ing. C. MONNET (1949); in base ai dati forniti dalla geofisica, si procedette all'ubicazione dei pozzi e alla delimitazione dell'area produttiva. La struttura, com'è indicata dalla carta gravimetrica residuale (fig. 2), differisce da altre brachianticlinali della dorsale ferrarese per la forte dissimmetria delle due ali; l'ala SSW è a forte pendenza, come indica la fitta disposizione delle isogamme residuali, mentre l'ala a NNE è a pendenza assai dolce. Dalla stessa fig. 2 si vede anche come il giacimento di metano, delimitato in base ai pozzi perforati fino al 1949, sia quasi coincidente con la sommità della struttura costruita col metodo geofisico.

(*) Conosciuta anche col nome di «struttura di Malalbergo»; i pozzi ivi perforati vengono spesso citati come «pozzi di Passo Segni». E' questa l'unica anticlinale, di tutta l'area compresa nel foglio «Ferrara», che diede risultati pratici veramente notevoli (vedi capitolo «Geologia applicata»).

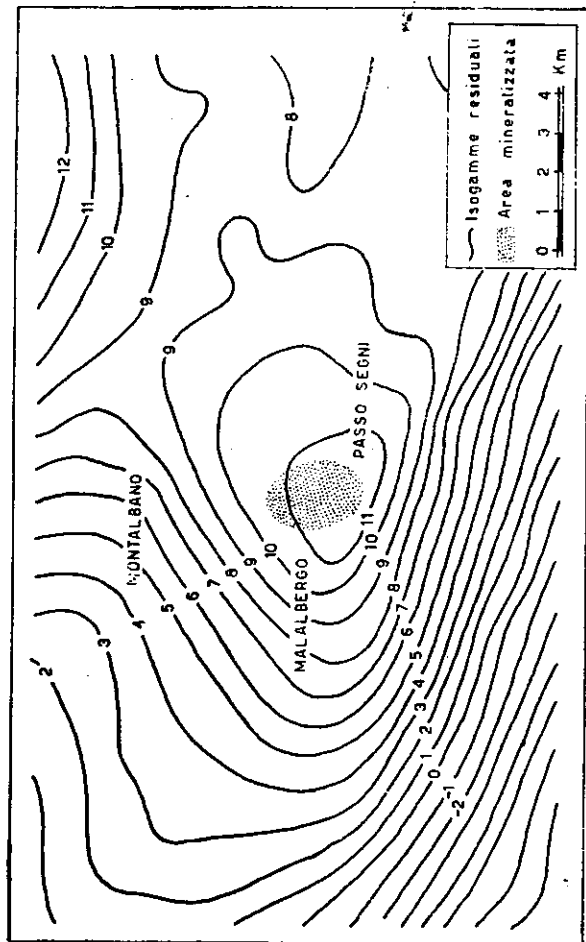


Figura 2 — La struttura di Montalbano, indicata dalla carta gravimetrica residuale della zona. Le linee corrispondono alle isogamme residuali (equidistanza = 1 milligal). I puntini indicano l'area mineralizzata, delimitata in base ai pozzi perforati fino al 1949 e coincidente col massimo gravimetrico.
(Da C. MONNET, semplificata).

La sismica a riflessione ha segnalato, nella zona di Portomaggiore, una coppia di linee di disturbo subparallele, leggermente divergenti a Ovest, abbastanza estese e distanti fra loro due chilometri. La linea più meridionale è accompagnata da una leggera dorsale, disposta parallelamente e appena a Sud della faglia stessa; la dorsale è molto più attenuata rispetto alle principali anticlinali che compaiono sul foglio « Ferrara », e per questo non è stata segnata sulla carta geologica. Essa è nota col nome di *struttura di Portomaggiore*, ed è stata studiata in dettaglio per conto della SIN col metodo elettro-tellurico; è ampiamente illustrata nella pubblicazione di MINUCCI (1952), e la figura 2 riportata dal MINUCCI stesso mette in evidenza gli stretti rapporti fra la struttura di Portomaggiore e la struttura mineralizzata di Consandolo, studiata e sfruttata già da vari anni dalla SIN e ubicata nel foglio « Imola ». Dalla disposizione delle linee isoaree segnate nella succitata figura, appare chiaramente che la struttura di Portomaggiore (*) non è che un'ondulazione secondaria sull'ala Nord della dorsale di Consandolo. La serie stratigrafica della zona è stata studiata in dettaglio nel 1950 durante la perforazione del pozzo C. 172 (vedi « Stratigrafia »). Oltre a vari livelli contenenti metano in quantità troppo limitate per un conveniente sfruttamento industriale, a 1363 metri è stata raccolta una carota di marna mineralizzata di petrolio.

Sono ben note le vicende che portarono alla scoperta di falde metanifere sempre più profonde nel Ferrarese e nel basso Polesine; mentre in un primo tempo si sfruttarono le modeste quantità di gas trovate per caso perforando pozzi per ricerca di acqua, negli ultimi tre lustri si costituirono — in tutta la bassa pianura padana — piccole e medie società che, a fianco di quelle maggiori, intrapresero ricerche metanifere sfruttando falde sempre più profonde.

Nell'area rilevata, tutte le falde sfruttate fino ad oggi sono comprese in terreni quaternari o stanno al limite fra *Quaternario* e *Terziario*. Gli strati del *Pliocene* e del *Miocene* rivelarono a volte deboli manifestazioni di idrocarburi, ma sempre in tracce o in quantità non sfruttabili: a Porotto per esempio si trovarono tracce di gas con idrocarburi superiori verso 1400 e 1600 metri di profondità. A Portomaggiore furono riscontrati livelli con acqua e gas nel *Miocene*, a metri 560 e a varie profondità fra 600 e 1000 metri; in più venne raccolto al fondo del pozzo (metri 1363) un campione di marna impregnato di petrolio, fatto d'interesse notevole, dati i risultati negativi di tutte le ricerche precedenti. A Montalbano vi sono tracce di gas (con acqua salata) nel *Pliocene medio* e nel *Messiniano*. A Gualdo vi sono livelli debolmente gassiferi a metri 525 (*Pliocene inferiore*?) e in vari letti del *Messiniano* (a metri 670, 780 e 875).

Nel *Quaternario* si possono distinguere complessivamente quattro o cinque orizzonti metaniferi principali, e una discreta quantità di altri livelli poco redditizi e posti a varie profondità. La falda più superficiale (naturalmente a bassissimo rendimento) s'incontra a 50 metri; seguono, da 100 a 600 metri, numerose altre falde che in linea generale sono tanto più produttive quanto più sono profonde. Procedendo verso Est il limite inferiore delle falde sfruttabili si abbassa, tanto che verso Mesola (nel foglio « Comacchio ») si sfruttano oggi orizzonti compresi tra 700 e 1000 metri. Salvo casi eccezionali (vedi oltre) il gas è sempre accompagnato da acqua dolce o salata.

L'area mineralizzata più interessante è quella attorno a Montalbano, studiata e perforata dalla « SPI »: a Montalbano stesso fu scoperta una cupola di gas asciutto, a Malalbergo vi

(*) Secondo la citata pubblicazione di MINUCCI, la struttura di Portomaggiore farebbe parte della « dorsale mesopadana »; lo scrivente ritiene invece che per la sua posizione nettamente meridionale essa vada riferita al fascio di strutture del bacino emiliano-romagnolo. Si veda in particolare, oltre al foglio « Ferrara », la cartina riportata dal FABIANI (1952) a pag. 656 e indicata come « Figura 277 ».

è abbondante gas con acqua, e a Spinazzino poco gas con acqua salata. I pozzi della zona (sei sono oggi produttivi) sfruttano una falda quaternaria posta a 300-350 metri di profondità; nel pozzo N. 1 di Montalbano (quello che incontrò la cupola di gas secco), al momento della perforazione (nel 1943) fu misurata, a 300-350 metri, una pressione di 32 atmosfere; nel 1953 aveva una pressione di 29,8 atmosfere; praticamente la pressione è diminuita di una quantità irrisoria perchè l'erogazione è stata controllata e tenuta entro bassi limiti, mentre la potenzialità sarebbe stata ben più alta. In detto pozzo la media di produzione nel 1953 è stata di 5789 metri cubi per giorno lavorativo: e il pozzo ha lavorato, durante il 1953, per 362 giorni (*).

In tutto il foglio rilevato vennero perforati, soprattutto fra il 1935 e il 1950, numerosi pozzi: si pensi che solo a Copparo sono stati terebrati 45 pozzi, di cui 30 ancora produttivi.

Come già si disse, tutti i pozzi suddetti pescano in corrispondenza delle varie falde comprese entro i terreni quaternari o al limite fra *Quaternario* e *Terziario*; il metano (quasi sempre con acqua) è contenuto in banchi sabbiosi che hanno una porosità media del 20-25%.

Anteriormente al 1947 la produzione media giornaliera era assai modesta, soprattutto per le deboli profondità cui si spingevano le perforazioni; essa si aggirava sui 200-300 metri cubi per pozzo. A titolo indicativo riporto qualche dato relativo a quegli anni; ad Ambrogio la falda di 205-250 metri fruttava 250 metri cubi al giorno, e la falda di metri 397-418 ne rendeva 200. A Tresigallo, tre pozzi vicini e collegati tra loro sfruttarono tre falde poste alle profondità di metri 194, 237 e 290; portata complessiva 600 metri cubi al giorno di gas, con una pressione media di 5 atmosfere.

In questi ultimi anni la produzione media si è gradualmente elevata, sia per le maggiori profondità raggiunte che per la migliorata tecnica d'estrazione; ma pur essendo oggi quadruplicata o quintuplicata rispetto alle cifre suesposte, rimane sempre modesta — per non dire irrisoria — rispetto alle quantità di

(*) I dati suesposti, e in genere i dati riguardanti la S.P.I., mi vennero gentilmente forniti dall'ing. S. BRONZINI e dal Sig. P. REGGI.

gas ricavate dagli ormai celebri giacimenti di Podenzano, Caviaga, Ravenna, ecc.

Il gas estratto ha una composizione che varia secondo la località; a scopo orientativo riporto quattro analisi tratte da A. SCICLI (1940) per le zone di Ostellato e Formignana, e un'analisi pubblicata su un articolo della Dott. E. PERA (*) per il gas di Chiavichino, località in cui il metano è particolarmente puro.

COMUNE	LOCALITÀ	CO ₂	N ₂	CH ₄	Calorie/m ³
Ostellato	Corte Centrale	4,4	8	87,6	8346
"	Corte Bagattina	7,5	6,3	86,2	8212
"	S. Giovanni	3,9	7,3	88,8	8460
Formignana	Chiavichino	5,2	9,8	85	8098
Ro	Cà Traversina	2,8	3,2	94	8008 (**)

GEOIDROLOGIA

L'interessante problema delle acque dolci, salmastre e salse, della loro ripartizione secondo la profondità e la località, e della loro genesi, è stato preso in esame soprattutto in due pubblicazioni di S. MORGANTE (1947 e 1949) e in uno studio di V. CHIOFFI (1949).

Le conclusioni principali alle quali giunse S. MORGANTE e riguardanti il foglio rilevato sono le seguenti:

1) Il contenuto salino varia da un minimo di gr. 0,41 per litro a un massimo di gr. 13,71 per litro.

2) La salinità delle acque profonde aumenta col crescere della profondità e con l'avvicinarsi al limite Nord Est del foglio (cioè sia verso il mare che verso la parte centrale del Polesine).

3) Il contenuto in Jodio delle acque profonde ferraresi ad alto residuo fisso è notevole, e talora eccezionalmente elevato (grammi 0,003 per litro); ma in vari casi (per esempio a

(*) PERA E., *Tabelle analitiche del Metano naturale*; « Il Metano e Carbonio Carburante », Anno V, n. 1, gennaio 1943, pag. 21.

(**) Il valore di 8008 calorie non si accorda con gli altri valori riportati nella presente tabella perchè di questo gas è stato calcolato il potere calorifico inferiore.

Copparo, o — fuori del rilevamento — a Mesola e in alcune località del Polesine) non vi è stretto rapporto fra residuo fisso e tenore in Jodio.

4) Mentre le acque profonde dell'area Nord Est possono venire interpretate come mescolanze di acque dolci e di acque marine o come residui di acqua marina, verso Sud o Sud Ovest possono esistere (*) acque profonde a salinità elevatissima (**) e analoghe alle acque salse petrolifere dell'Appennino Emiliano (facenti parte quindi del gruppo di acque salso-bromo-iodiche).

Ritengo opportuno riportare qualche dato generico orientativo e per lo più inedito, benchè di relativa importanza.

Nei pozzi perforati nell'area rilevata, venne trovata *acqua dolce*: a Cona fino a 264 metri nel pozzo N. 1, fino a 200 metri nel pozzo N. 2; a Portomaggiore fino a 150 metri, con passaggio graduale da acqua dolce ad acqua salata da 150 a 300 metri; a Tresigallo fino a 237 metri. *Acqua salsa* venne invece riscontrata: a Cona sotto i metri 264 (pozzo N. 1) e fra metri 200 e 900 (pozzo N. 2); a Montalbano da metri 560 a 1050, alla base del *Pliocene* e nel *Messiniano*; a Spinazzino verso 300 e 900 metri, rispettivamente nel *Pliocene medio* e nel *Messiniano*; a Malalbergo da 250 a 360 metri, alla base del *Quaternario*; a Gaibana alla profondità di 520 metri.

Presso Ambrogio, il pozzo N. 8 — fra metri 205 e 250 — diede acqua salmastra con gas saliente a due metri sopra il livello di campagna, e con una portata di 300 litri al minuto primo; lo stesso pozzo, fra metri 275 e 290 diede acqua salmastra con gas saliente fino al livello di campagna, e fra metri 397 e 418 l'acqua salata, sempre con gas, salì a tre metri sopra il livello di campagna, con una portata di 200 litri al minuto primo.

A Tresigallo, la portata complessiva dell'acqua uscente da tre pozzi collegati è di 1200 litri al minuto primo; il primo di questi tre pozzi pesca a 194 metri, e dà acqua dolce; il secondo pesca a 237 metri, e dà anch'esso acqua dolce; il terzo a 290 metri, e la relativa acqua è salata.

(*) Acque di questo tipo sono state trovate a Consandolo, pochi chilometri a Sud del rilevamento, nel foglio « Imola ».

(**) Tali acque dovrebbero essere contenute esclusivamente in terreni prequaternari.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ACCORDI B.: *Contributo alla conoscenza della fauna subfossile del sottosuolo della pianura ferrarese*; « Riv. Ital. Paleont. e Strat. », vol. LIV, Milano 1948.
- 2) — *Esame geologico-paleontologico della campionatura di un pozzo terebrato a Cà Cappello (Rovigo)*; « Mem. Ist. Geol. Univ. Padova », vol. XVI, 1950.
- 3) — *Esame geologico-paleontologico della campionatura di un pozzo terebrato a Cartura (Padova)*; « Mem. Ist. Geol. Univ. Padova », vol. XVI, 1950.
- 4) — *Estensioni e limiti delle formazioni quaternarie del sottosuolo del delta padano*; « Metano », vol. VI, n. 5, Padova 1952.
- 5) ACCORDI B. e. SOCIN C.: *Le formazioni quaternarie del pozzo di Correzzola (Padova)*; « Boll. Soc. Adriatica Sc. Nat. di Trieste », vol. XLV, 1949-50.
- 6) AZZALI G.: *La stratigrafia dei terreni gassiferi quaternari del Polesine occidentale*; « Rassegna Economica del Polesine », n. se., vol. I, n. 11-12, Rovigo 1947.
- 7) — *Fatti nuovi nel campo delle prospettive metanifere del Polesine*; « Metano », vol. III, n. 4, Padova 1949.
- 8) BELLUIGI A.: *Particolari aspetti di alcuni nuclei subpadani*; « Ergänz. Hefte für Ang. Geoph. », vol. II, 1931.
- 9) — *Sui particolari aspetti gravimetrici di alcuni nuclei subpadani*; ibidem, vol. III, 1932.
- 10) — *Dati di fatto e considerazioni teoriche sul settore orientale gravimetrico della Pianura del Po*; « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. LV, n. 1, Roma 1936.
- 11) — *Contributo della Geofisica agli studi petroliferi dell'AGIP*; « Proc. World Petroleum Congr. », Londra 1933.
- 12) BONARELLI G.: *Spessore dell'Olocene nella bassa pianura padana*; « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. LVIII, Roma 1944.
- 13) CHELUSSI I.: *Le sabbie di tre pozzi trivellati nelle provincie di Padova e Ferrara*; « Boll. Soc. Geol. Ital. », vol. XXX, Roma 1911.
- 14) — *Psammografia di alcuni pozzi trivellati nella pianura padana*; ibidem.
- 15) CHEREAU J. Y. e ROGER A. H.: *Étude electro-tellurique sur la dorsale ferraraise et comparaison avec les résultats apportés par d'autres méthodes*; « Atti VII Conv. Naz. Metano e Petrolio », Taormina 1952, vol. II, p. 757.

- 16) CHIOFFFI V.: *Le acque metanifere del Polesine*; « Annali di Chimica Appl. », n. 92, Roma 1949.
- 17) DI NAPOLI ALLIATA E.: *Contributo alla conoscenza della stratigrafia del Pliocene e del Calabrian della regione di Rovigo*; « Riv. Ital. Paleont. e Strat. », vol. LII, n. 2, Milano 1946.
- 18) — *La micropaleontologia applicata allo studio dei problemi geopetroliferi della Pianura Padana*; « Metano », vol. II, n. 12, p. 11, Padova 1948.
- 19) — *Foraminiferi pelagici e facies in Italia*; « Atti VII Conv. Naz. Metano e Petrolio », Taormina 1952, vol. I, p. 221.
- 20) FABIANI R.: *Brevi nozioni sulla geologia e sulla ricerca del Petrolio*; Appendice II in: « Trattato di Geologia », Roma 1952.
- 21) FACCA G.: *Three Gas-bearing Fields in the Po Valley (Nord Italy)*; « Proc. III World Petroleum Congr. », 1951.
- 22) FERRARI, FIANO e SANDRI: *I terreni della provincia di Ferrara*; « Annali della Sperimentazione Agraria »; vol. XXVII, Roma 1937.
- 23) GANDOLFI R.: *Sviluppi e assestamenti delle sabbie nel Quaternario (miniera di Montalbano)*; « Atti VI Conv. Naz. Metano », Padova 1949, p. 457.
- 24) GORTANI M.: *Problemi aperti alla ricerca del petrolio in Italia*; « II Congr. Internaz. Petrolio », Parigi 1937.
- 25) JABOLI D.: *Le gaz et le pétrole dans la plaine du Po*; « III Congr. Modial du Pétrole », 1951.
- 26) LONG G. e MARCHETTI M.: *Studi sulle acque di strato del campo metanifero di Consandolo*; « Atti VI Conv. Naz. Metano », Padova 1949, p. 469.
- 27) MINUCCI G.: *Ricerca di idrocarburi a Portomaggiore*; « Atti VII Conv. Naz. Metano e Petrolio », Taormina 1952, vol. II, p. 757.
- 28) MOLARI R.: *Sorgenti di gas naturale nel Ferrarese, possibilità di sfruttamento*; « Atti Conv. Regionale Ingegneri », Ferrara 1937.
- 29) MONNET C.: *Su di un risultato dell'esplorazione gravimetrica nella Pianura Padana - L'anomalia gravimetrica di Montalbano-Malalbergo*; « Atti VI Conv. Naz. Metano », Padova 1949.
- 30) MORGANTE S.: *Ricerche geochimiche sulle falde idriche profonde della provincia di Ferrara*; « Rend. Soc. Min. Ital. », vol. VI, Pavia 1947.
- 31) — *Ricerche geochimiche sulle falde idriche profonde della bassa pianura padana*; « Atti VI Conv. Naz. Metano », Padova 1949.
- 32) MORGANTE S. e ACCORDI B.: *Ricerche geologico-petrografiche sui materiali incontrati da un pozzo ad Ariano Polesine*; « Atti Ist. Veneto Sc. Lettere Arti », vol. CIV, Venezia 1948.
- 33) PERCONIG E.: *Elementi di Geologia stratigrafica del Polesine*; edito a cura dell'Ente Naz. Metano, Bologna 1949.
- 34) — *Faune di transizione da ambienti marini nel Neogene della Pianura Padana*; « Atti VII Conv. Naz. Metano e Petrolio », Taormina 1952, vol. I, p. 117.
- 35) PERRONE E.: *Acque salienti e pozzi artesiani nella pianura emiliana*; « Carta Idrol. d'Italia Min. Agric. », vol. XXXV, Roma 1910.
- 36) — *Acque salienti e pozzi artesiani della pianura emiliana dal Panaro alla Marecchia, e del litorale adriatico da Porto Corsini a Pesaro*; « Mem. III. Carta Idrol. d'Italia », vol. XXXV, Roma 1910.
- 37) PREARO B.: *Studio petrografico su materiali del sottosuolo del Polesine*; « Metano », vol. IV, n. 7, p. 44, Padova 1950.
- 38) *Provincia di Ferrara*, carta 1:100.000 compilata da U. MALAGU' per conto dell'Ente Prov. Turismo e della Camera di Commercio Ind. e Agr. di Ferrara; tipogr. I.G.M., Firenze 1950. (Contiene indicazioni sulla natura del terreno, anomalie gravimetriche, linee di livellazione, declinazione magnetica, consorzi idraulici, navigazione interna ecc.).
- 39) RUGGIERI G. e SELLI R.: *Il Pliocene e il Postpliocene dell'Emilia*; « Giornale di Geologia », se. 3, vol. XX (1948), Bologna 1949.
- 40) SACCO F.: *La Valle Padana: schema geologico*; Torino, 1900.
- 41) — *Geoidrologia dei pozzi profondi della Valle Padana, Parte I*; « Atti (R. Acc. Agric. Torino », vol. LIV-LV, 1912.
- 42) — *Geoidrologia dei pozzi profondi della Valle Padana*; « Ministero Lavori Pubblici, Serv. Idrogr. »; Parte II (Appendice), Torino 1924; Parte III, Roma 1933.
- 43) SELLI R.: *La stratigrafia di un pozzo profondo perforato presso Pontelagoscuro (Ferrara)*; « Giornale di Geologia », n. se., vol. XVII, Bologna 1946.
- 44) — *Le conoscenze geologiche sul Quaternario gassifero del Polesine e del Ferrarese settentrionale*; « Atti VI Conv. Naz. Metano », Padova 1949, p. 515.
- 45) SCICLI A.: *I gas naturali dell'Italia settentrionale*; « Atti II Conv. Naz. Metano », Bologna 1940, vol. II. p. 463.

INDICE

	PAG.
GENERALITÀ	3
CENNI SUGLI STUDI PRECEDENTI	4
STRATIGRAFIA	7
Generalità	7
Elenco dei pozzi utilizzati	8
Cretaceo	9
Eocene	9
Oligocene	10
Miocene	11
Pliocene	14
Pleistocene inferiore	15
Pleistocene superiore	19
Olocene	21
LITOLOGIA DI SUPERFICE	24
TETTONICA	26
Generalità	26
Dorsale mesopadana	28
Area a sud della dorsale mesopadana	31
GEOLOGIA APPLICATA	33
Giacimenti di idrocarburi	33
Geoidrologia	35
BIBLIOGRAFIA	37

La cartina con l'ubicazione delle località citate nel testo e con la traccia del profilo sismico (riportato nella tavola fuori testo) si trova a pagina 17.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I

Profilo NNE-SSW alla scala 1:50.000 ottenuto col metodo sismico per riflessione. Corrisponde a una linea tra i punti A (a Est di Francolino) e B (presso Malalbergo) riportati sulla figura 1 nel testo. La linea orizzontale superiore indica il piano di campagna; i trattini verticali segnati sulla linea stessa corrispondono ai gruppi di scoppio.

Le linee, intere quando indicano tratti sicuri e tratteggiate se dubbie, rappresentano le superfici che determinarono le riflessioni delle onde (specchi sismici); esse danno un'idea concreta dell'inclinazione e immersione degli strati fino a una profondità di 5500 metri.

Il fascio di specchi sismici sopra i 1000 metri mostra *Quaternario* e *Pliocene* tranquilli e leggermente ondulati; da 1000 a 5500 metri gli strati appaiono tanto più inclinati e affetti da disturbi tettonici quanto maggiore è la profondità. Il fascio di specchi più basso, deve rappresentare — almeno in corrispondenza delle strutture positive — il *Mesozoico*.

La zona segnata con la lettera A mostra l'ala Sud della struttura di Montalbano; il complesso scende regolarmente con strati poco indisturbati anche in profondità. La zona B coincide con l'anticlinale di Montalbano; i gruppi di specchi sismici discordanti, ben visibili da metri 1500 in giù, indicano la complicata tettonica delle formazioni anteriori al *Miocene inferiore*, ricche di faglie e con tratti a pendio assai ripido. Segue (zona C) la sinclinale di Ferrara Sud, resa dagli specchi con una chiarezza didattica. La zona D corrisponde alla struttura di Cona; la forte fratturazione e dislocazione dei sedimenti è rivelata dalla posizione caotica degli specchi sotto i 1000 metri: l'area è infatti attraversata da una coppia di importanti linee di frattura. La zona E incontra le anticlinali di Boara e di Francolino, poco accentuate e in complesso poco note.

(Da un profilo gentilmente concesso dalla Società Petrolifera Italiana, semplificato).

