

STUDI SUI PARAMETRI GEOLOGICI RILEVANTI AL FINE DELLA DETERMINAZIONE DELLA CONTAMINAZIONE AMBIENTALE DEL TERRITORIO NAZIONALE

RAPPORTI FRA LITOLOGIA DELLE TERRE EMERSE E COMPOSIZIONE MINERALOGICA DELLA FRAZIONE ARGILLOSA DEI SEDIMENTI FLUVIALI DEI PIÙ IMPORTANTI FIUMI ITALIANI (II Parte)

A. BRONDI, B. ANSELMI, O. FERRETTI

ENEA - Dipartimento PAS Casaccia, 00060 Santa Maria di Galeria (Roma)

RIASSUNTO. — L'ENEA ha proceduto ad un campionamento sistematico a bassa densità per uno studio mineralogico e granulometrico di sedimenti di spiaggia e fluviali su tutto il territorio nazionale. Come base di selezione per il campionamento sono state considerate le principali variazioni litologiche dei bacini insistenti sulle situazioni esaminate.

La conoscenza di un quadro d'insieme dei contributi sedimentari dei bacini emersi del territorio nazionale può permettere previsioni sulla natura dei sedimenti di piattaforma e quindi una più razionale ed economica impostazione dei progetti di studio della contaminazione marina. I sedimenti infatti svolgono un ruolo importante sia come veicolo di trasporto degli inquinanti sia come ricettacolo transitorio o definitivo degli stessi.

In questa sede viene dedicata particolare attenzione alla frazione argillosa dei sedimenti fluviali la più favorevole alla cattura di contaminanti naturali o artificiali.

Sono stati presi in esame circa 100 campioni di sedimenti fluviali raccolti alle foci dei principali fiumi lungo tutta l'area costiera; per i bacini del F. Tevere e del F. Po sono stati condotti studi di maggior dettaglio. I risultati di tale studio ed il loro confronto con i dati relativi alle associazioni di minerali argillosi, caratterizzanti le formazioni argillose plioceniche italiane, ottenuti dagli stessi autori, hanno portato alle seguenti constatazioni:

- esiste una ripartizione geografica di ben precise province mineralogiche argillose; sull'intero territorio italiano sono state individuate 9 province caratterizzate da associazioni diverse di minerali argillosi;
- esiste una buona corrispondenza fra la ripartizione dei sedimenti fluviali in province mineralogiche, riconosciuta con questo lavoro, e quella emersa da studi condotti sulle formazioni plioceniche argillose del territorio italiano.

ABSTRACT. — Mineralogical, and granulometrical studies have been carried out by ENEA on alluvial and beach samples collected from places all around the Italian territory; these samples were selected on the basis of the lithological composition of the clastic supply basins.

The knowledge of fluvial sedimentary contributions may make it possible to foresee the nature of the sediments of the coastal platform and therefore to be able in projecting more appropriate studies on the marine contamination.

In this work alluvial sediments have been investigated with regard to their clay fraction, which usually shows a clear aptitude in capturing natural or artificial contaminants, impacting with fluvial systems.

The results of these analysis, and the drawn correlations with data of the clay minerals of the connected Italian pliocenic deposits, have allowed the following conclusions:

- the clay fractions of fluvial sediments of the Italian territory are geographically divided into several provinces, characterized by different clay mineralogical associations;
- coarse correlations exist between lithologic nature of the erosional basins and the mineralogical composition of the finest fraction of the fluvial sediments;
- evident correlations appear between clay associations of pliocenic deposits and those shown by fluvial sediments they result both to belong to the same geographical provinces.

Premessa

L'ENEA ha proceduto al campionamento e allo studio granulometrico e mineralogico di sedimenti fluviali e di spiagge su tutto

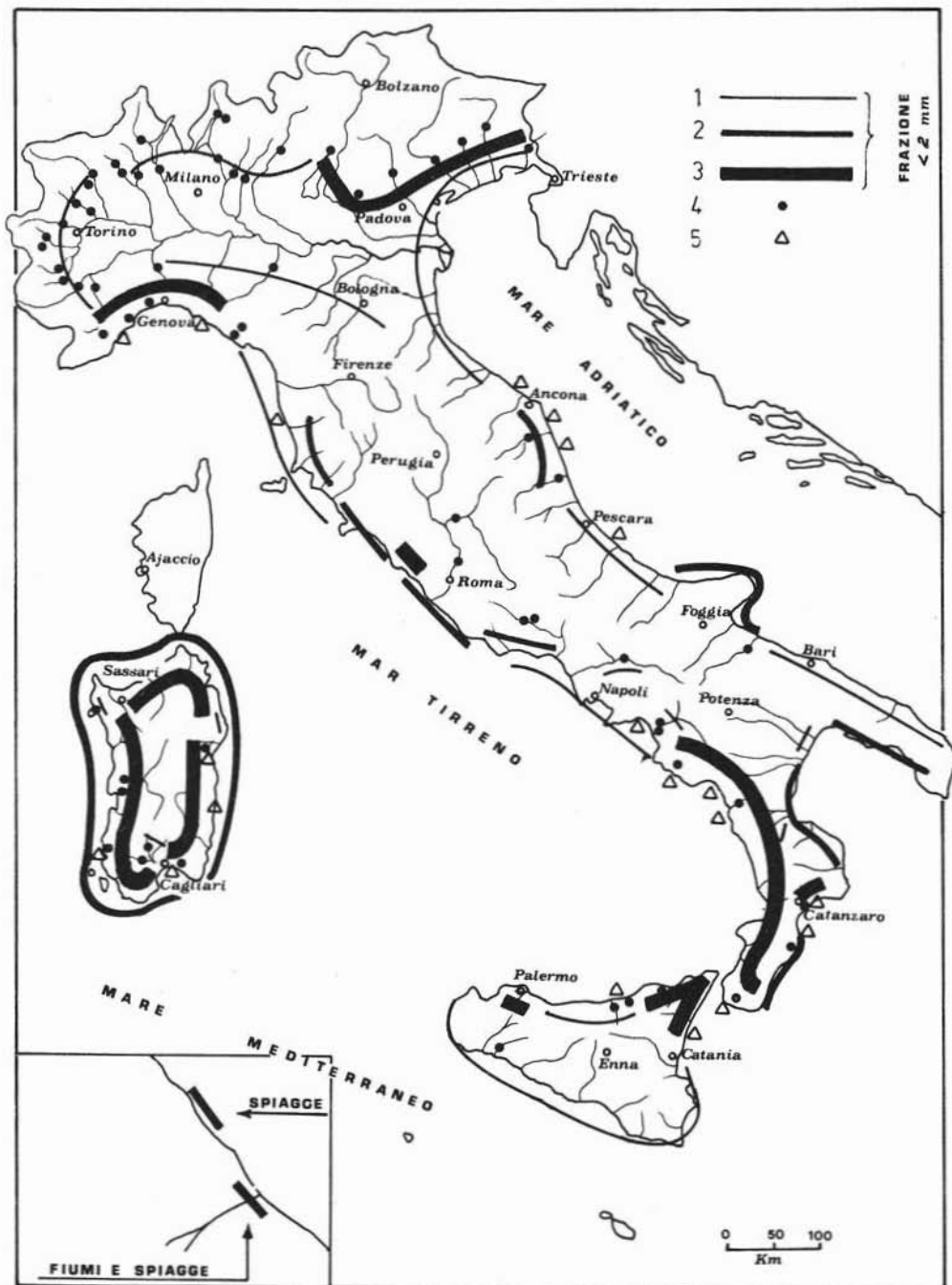


Fig. 1. — Distribuzione schematica delle dimensioni granulometriche in campioni alluvionali e di spiaggia. 1 = fine; 2 = medio; 3 = grossolano; 4 = campione alluvionale; 5 = campione di spiaggia.

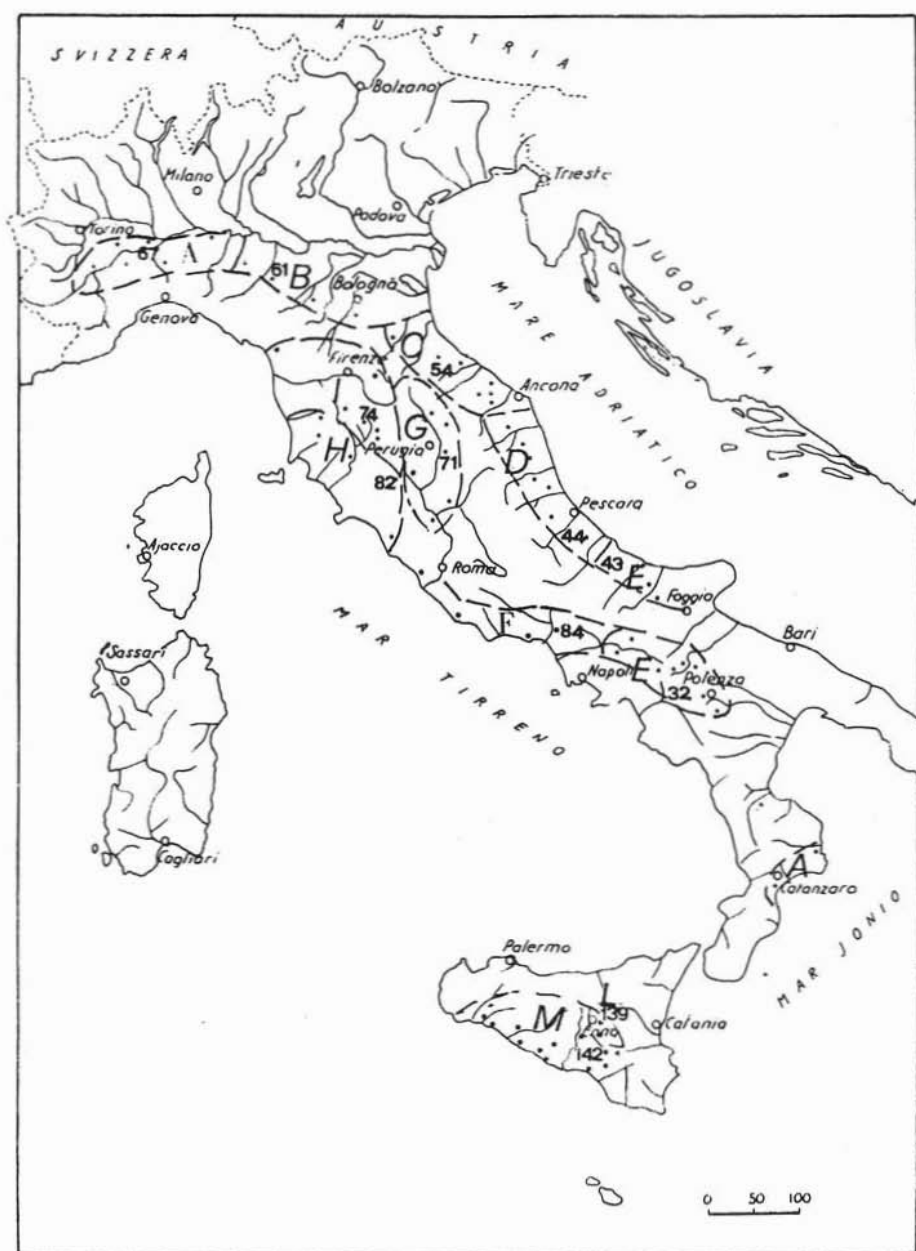


Fig. 2. — Schema della distribuzione dei minerali argillosi nei sedimenti pliocenici.

Tipo	Camp. rapp.	Composizione mineralogica			Tipo	Camp. rapp.	Composizione mineralogica		
		Dominanti	Complem.	Caratt.			Dominanti	Complem.	Caratt.
A	2	(i=k)	(sm=cl)		F	84	(sm)	(i=k)	
	67	(i=k)	(sm=cl)		G	71	(sm=cl=i=k)		(int)
B	61	(i=k)	(sm=cl)	(int)	H	82	(k=i)	(cl int)	
C	54	(i=k) (-)	(sm=cl) (+)	(int) (+)	I	74	(k=i)	(sm=cl=int)	
D	44	(i=k) (-)	(sm=cl) (+)	(v)	L	139	(sm=k)	(i int)	
E	43	(sm=k=i)			M	142	(k)	(i=sm)	(int)
	32	(sm=k=i)							

Dominante = alcune o molte decine %; Complementare = alcune o molte unità %; Caratterizzante = alcune unità %, differenzianti, con la loro presenza, associazioni con una stessa composizione fondamentale. sm = smectite; cl = clorite; v = vermiculite; int = interstratificati; i = illite; k = caolino.

(+) e (-) = maggiore o minore quantità rispetto a campioni dello stesso tipo d'associazione mineralogica.

il territorio nazionale; la selezione dei bacini è stata impostata sulla base della loro composizione litologica. Il confronto fra i dati analitici diretti dei campioni raccolti e la litologia dei bacini presi in considerazione permette di valutare la risposta sedimentologica delle varie formazioni affioranti nel territorio.

La conoscenza di un quadro d'insieme dei contributi sedimentari dei bacini emersi del territorio nazionale può permettere una più razionale ed economica impostazione degli studi ed una più agevole interpretazione dei risultati sulla contaminazione attuale o potenziale non solo del continente ma anche dell'ambiente marino.

Ormai viene riconosciuta l'importanza del ruolo svolto dai sedimenti sia come veicolo di trasporto degli inquinanti sia come ricettacolo transitorio o definitivo degli stessi; la conoscenza della distribuzione in mare dei sedimenti la cui origine a terra sia nota, permette di formulare previsioni sull'andamento dei contaminanti di origine terrestre nell'ambiente marino.

In questa sede viene rivolta particolare attenzione allo studio della composizione mineralogica della frazione argillosa, la più favorevole alla cattura di contaminanti naturali o artificiali.

Ricerche sono inoltre condotte sulle formazioni plioceniche argillose italiane dallo stesso laboratorio, in un quadro di studi sitologici ed ambientali cui l'ente è istituzionalmente preposto.

Lo studio attuale completa: a) l'esame dei sedimenti fluviali dal punto di vista mineralogico; b) integra le conoscenze sulla distribuzione di alcuni tipi di minerali argillosi nella penisola italiana.

Sintesi dei dati acquisiti nella prima fase di ricerca

Nella prima fase di ricerca il campionamento ha interessato sia i sedimenti fluviali sia quelli costieri; le analisi sono state eseguite su tutti i campioni; in questa seconda fase vengono presi in considerazione solamente i campioni fluviali in quanto la frazione argillosa, oggetto specifico di questo lavoro, è praticamente inesistente nei campioni di spiaggia.

Nella figura 1 sono riportati in forma sin-

tetica i dati granulometrici ottenuti nella prima fase di ricerca; per i dati mineralogici, si rimanda al lavoro precedente (BRONDI e altri, 1978-79).

Nella figura 2 si riportano sempre in forma sintetica le prime conclusioni sulla distribuzione dei minerali argillosi nelle formazioni plioceniche italiane.

a) CENNI SULLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

La distribuzione granulometrica della frazione sabbiosa (< 2 mm) presenta minimi dimensionali per tutta l'area costiera adriatica, con l'eccezione della zona garganica, a dimensioni medie, e dei massimi dimensionali della zona a sud di Ancona. Le dimensioni granulometriche delle sabbie risultano generalmente medie per il versante tirrenico e ionico della penisola, con notevoli estensioni delle aree a dimensioni massime in corrispondenza dell'area ligure e calabrese-tirrenica e delle aree a dimensioni minime della Toscana e della Campania. Per la Sicilia si registra la distribuzione di due massimi dimensionali in corrispondenza dell'angolo nord-occidentale e dell'area palermitana, mentre la restante granulometria dominante è quella fine. Per la Sardegna si verifica una distribuzione generalizzata di dimensioni grossolane per i sedimenti fluviali e di dimensioni medie per i sedimenti di spiaggia.

b) CENNI SULLA DISTRIBUZIONE DEI MINERALI ARGILLOSI NELLE FORMAZIONI PLIOCENICHE ITALIANE

Le formazioni plioceniche argillose presentano una notevole varietà compositiva nelle varie parti del territorio nazionale.

Da un punto di vista della distribuzione territoriale le diverse associazioni di minerali argillosi presentano ripartizioni regionali ben delineate (fig. 2).

1) Fascia padano-periadriatica

Comprende le zone A, B, C e D, le cui associazioni corrispondono alla presenza di illite e caolino come minerali dominanti e di *smectite* e *clorite* come minerali complementari. Il passaggio dalla zona A alla zona B è contraddistinto dalla comparsa di minerali caratterizzanti del gruppo degli in-

terstratificati; questi ultimi mostrano incremento col passaggio alla zona C. La linea di separazione B-C corrisponde anche ad un certo decremento di illite e caolino e ad un aumento di smectite e clorite. Nella zona D compare il minerale caratterizzante *vermiculite*.

II) Fascia molisano-apula e irpino-lucana

Comprende la zona E, presentante diffusione dell'associazione *smectite-caolino-illite*. La zona occidentale presenta carattere più spiccatamente smectitico.

III) Fascia campano-laziale

Comprende la zona F. La *smectite* assume carattere dominante. *Illite* ed ancor più caolino sono componenti complementari.

IV) Valle tibertina

Comprende la zona G. È caratterizzata dall'associazione *smectite-clorite-illite-caolino* e da presenza di *interstratificati*. Nel complesso si approssima molto alle associazioni di oltreappennino differenziandosi però per il contenuto decisamente più elevato di smectite e clorite.

V) Fascia toscana centro-occidentale

Coincide con la zona H e presenta associazione *caolino-illite* per la parte dominante e *clorite-interstratificati* per la complementare.

VI) Val d'Arno e Toscana interna

Corrisponde alla zona I. È caratterizzata dall'associazione *caolino-illite* per la parte dominante e *smectite-clorite-interstratificati* per la parte complementare. Nel complesso si approssima alle corrispondenti associazioni di oltreappennino.

VII) Calabria centro-orientale

Presenta associazione *illite-caolino* molto prossima a quella della zona A piemontese e pertanto viene contrassegnata con lo stesso simbolo.

VIII) Sicilia centrale

Corrisponde alla zona L e presenta associazione *smectite-caolino* con gli stessi valori ed assolutamente dominanti, con *illite* ed *interstratificati* come complementari.

IX) Sicilia meridionale

Corrisponde alla zona M e presenta associazione di *caolino* come minerale assolutamente dominante e con *illite* e *smectite* come minerali complementari. Il settore orientale presenta minerali caratterizzanti del gruppo interstratificati.

Le correlazioni fra minerali argillosi e probabile roccia madre desumibili dalla disponibilità attuale dei dati, sono le seguenti:

- caolino: soprattutto da rocce argillose e cristalline;
- illite: rocce cristalline, arenarie, formazioni marnoso-arenacee;
- smectite: marne, argille, carbonati;
- clorite: ofioliti, marne;
- interstratificati: marne e carbonati.

I dati ottenuti sono preliminari. Ulteriori studi nelle singole province mineralogiche argillose individuate sono in corso.

In un precedente lavoro (Quakernaat) sono stati presi in considerazione i sedimenti di alcuni fiumi dell'Italia centrale e determinata la composizione mineralogica della frazione argillosa; l'autore ha riconosciuto quattro province mineralogiche caratterizzate da differenti associazioni di minerali argillosi. In sintesi le conclusioni tratte sono le seguenti (fig. 3):

Provincia 1: caratterizzata da abbondanza di illite e dalla presenza di interstratificati illite-clorite (da Ventimiglia a La Spezia).

Provincia 2: scarsa illite, abbondante caolinite e presenza dell'interstratificato clorite-smectite (da La Spezia al Circeo).

Provincia 3: abbondanza di smectite e caolinite, assenza di clorite (dal Circeo al Golfo di Gaeta).

Provincia 4: caratterizzata da smectite, illite e caolinite e dalla presenza di vermiculite (da Venezia a Pescara).

Campionamento e metodi d'analisi

Il campionamento (fig. 3 e tabella 1) è stato effettuato alla foce dei principali fiumi corrispondenti ai bacini selezionati sulla base delle indicazioni desumibili dalle carte geologiche 1:100.000. Sono stati campionati con maggior dettaglio il bacino del Tevere e quello del Po e dei suoi principali affluenti.

Per le determinazioni della composizione della frazione argillosa e per le determinazioni di elementi in tracce è stato prelevato

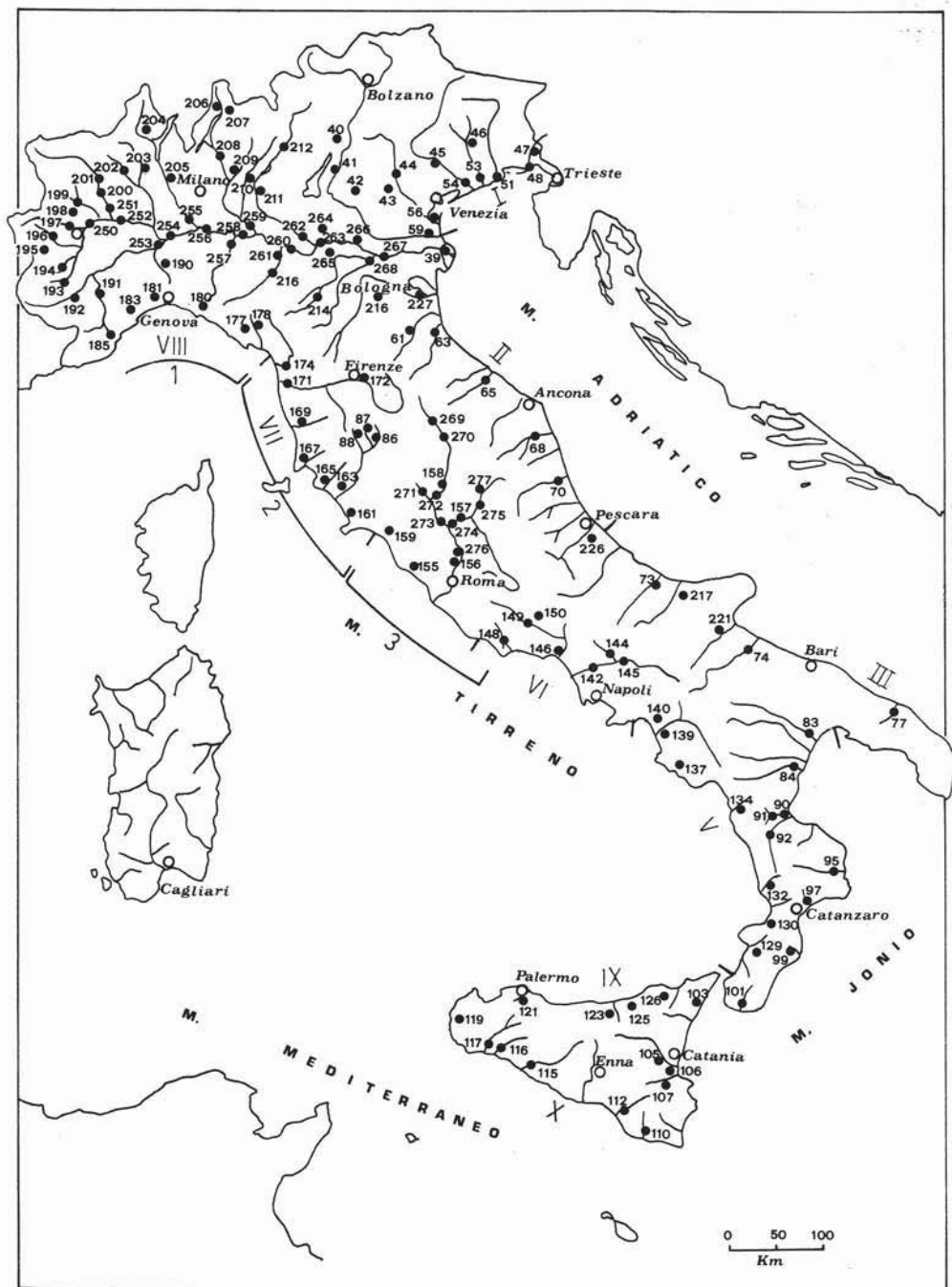


Fig. 3. — Campionamento. Distribuzione delle differenti associazioni di minerali argillosi (I, II ...). Provincie mineralogiche secondo Quakernaat (1, 2, ...).

TABELLA 1
Campionamento dei fiumi italiani

Zona	n° Camp.	Fiume	Zona	n° Camp.	Fiume
Adriatico Settentrionale	40	Sarca	Sicilia	103	Flumendiai
	41*	Adige		105*	Simeto
	43	Bacchiglione		106*	"
	45*	Piave		107	Lentini
	46*	Livenza		110	Ircinio
	47*	Isonzo		112	Acata
	48*	"		116	Verdura
	51*	Tagliamento		117	Belice
	53*	Livenza		119	Marcanzotta
	54*	Piave		121	Oreto
	56*	Brenta		123	Tursa
	59	Adige		125	Rosmarino
	227	Po		126	Patti
Adriatico Centrale	61	Montone	Tirreno Meridionale	129	Mesima
	63	Marecchia		130*	Angitola
	65	Metauro		132	Savuto
	68	Chienti		134	Lao
	70	Tronto		137	Aleuto
	226	Fescara		139	Sele
Adriatic. Merid.	73	Biferno	Tirreno Centrale	142*	Volturno
	74	Ofanto		144*	"
	77	C. Reale (Br)		145	Calore
Ionio	83	Bradano		146	Garigliano
	84	Sinni		149	Sacco
	90	Crati		150	Lisoi
	91	Coastile		155	Fosso Eri
	92	Crati		86*	Ombrone
	95	Neto		87*	"
	97	Simeri		88*	"
	99	Stilaro		163*	"
	101	Melito		161	Albegna
				165	Bruna
		167	Cornia		
		169	Cecina		
		171*	Arno		
		172*	"		
		174	Serchio		
		177	Vara		
		178	Nagra		
		180	Entella		
		181	Lerca		
		183	Spotorno		

(* Campioni di foce. (°) Campioni stesso fiume in un punto del suo corso.

un campione quanto più possibile fine. Il prelevamento è stato effettuato sulla sponda o sul piano di esondazione, dove si rinvennero più facilmente sedimenti sottili depositati in fase di piena.

Sui campioni di questa seconda serie è stata effettuata la determinazione della frazione argillosa mediante analisi diffrattometrica. I metodi di analisi sono quelli classici di routine e pertanto si rimanda ai lavori precedenti (BRONDI e altri, 1976-78).

Dati mineralogici

Nella tabella 2 sono riportate le composizioni mineralogiche della frazione argillosa dei sedimenti alluvionali.

La fig. 4 riporta gli istogrammi di ciascun campione con le percentuali dei diversi minerali argillosi; sono state suddivise le aree adriatiche settentrionale, centrale e meridionale; l'area ionica, le aree tirreniche meridionale, centrale e settentrionale e l'area siciliana.

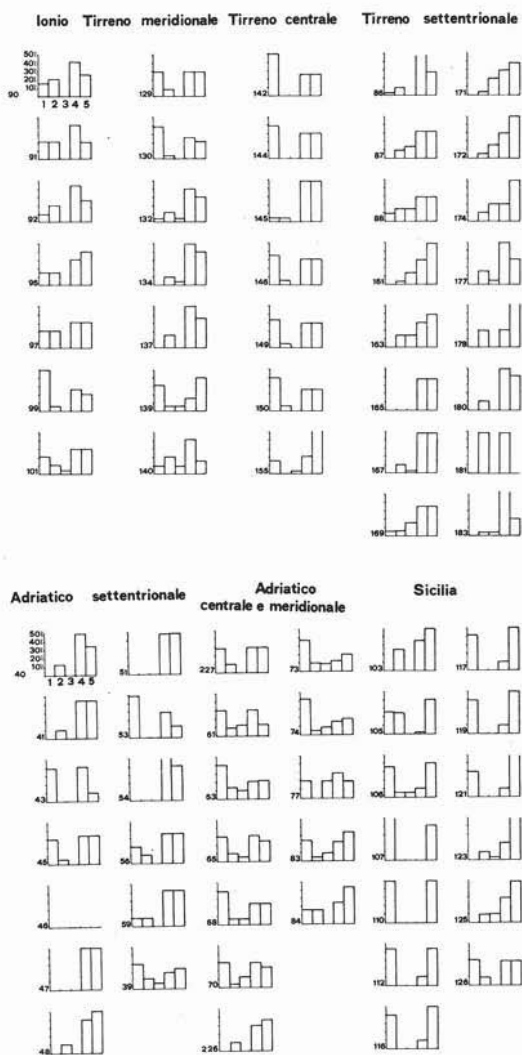


Fig. 4. — Istogrammi dei minerali argillosi (1 = smectite; 2 = clorite; 3 = interstratificati; 4 = illite; 5 = caolinite).

Nella fig. 5 sono riportati i diffrattogrammi più significativi di ciascuna area.

Dall'esame degli istogrammi (fig. 4) e della fig. 3, che schematizza la distribuzione delle associazioni argillose caratteristiche e dal confronto con la situazione geologica dei singoli bacini si delineano le seguenti correlazioni:

— *smectite*: diffusa principalmente sul versante adriatico, nel Lazio meridionale, nella Campania e nella Sicilia. Queste aree sono caratterizzate da basamento

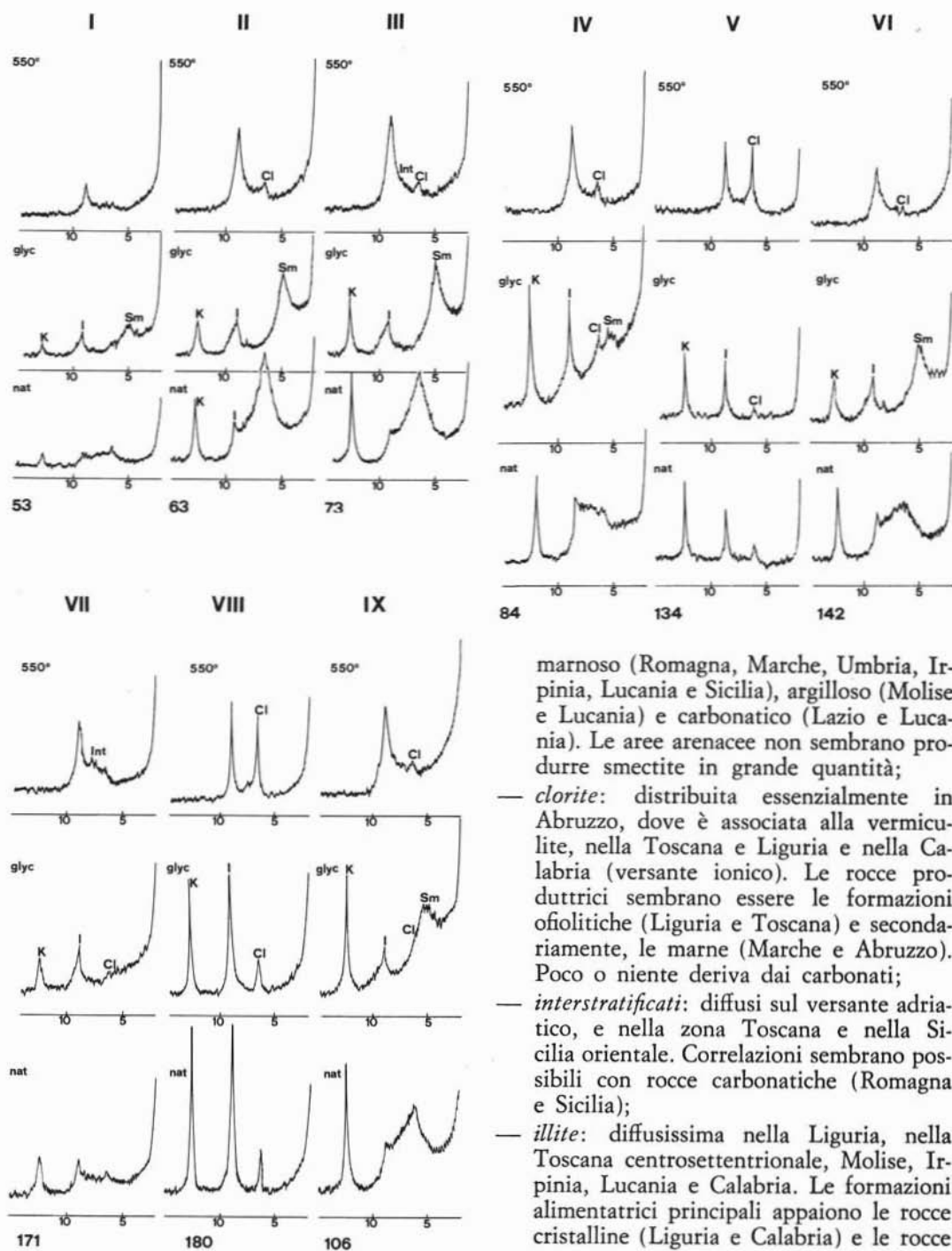


Fig. 5. — Diffrattogrammi significativi della frazione argillosa dei sedimenti delle diverse province mineralogiche (*Sm* = smectite; *Cl* = clorite; *Int* = interstratificati; *I* = illite; *K* = caolinite).

marnoso (Romagna, Marche, Umbria, Irpinia, Lucania e Sicilia), argilloso (Molise e Lucania) e carbonatico (Lazio e Lucania). Le aree arenacee non sembrano produrre smectite in grande quantità;

- *clorite*: distribuita essenzialmente in Abruzzo, dove è associata alla vermiculite, nella Toscana e Liguria e nella Calabria (versante ionico). Le rocce produttrici sembrano essere le formazioni ofiolitiche (Liguria e Toscana) e secondariamente, le marne (Marche e Abruzzo). Poco o niente deriva dai carbonati;
- *interstratificati*: diffusi sul versante adriatico, e nella zona Toscana e nella Sicilia orientale. Correlazioni sembrano possibili con rocce carbonatiche (Romagna e Sicilia);
- *illite*: diffusissima nella Liguria, nella Toscana centrosettentrionale, Molise, Irpinia, Lucania e Calabria. Le formazioni alimentatrici principali appaiono le rocce cristalline (Liguria e Calabria) e le rocce arenacee e marnose-arenacee (area ligure, area toscana, area molisana e potentina);
- *caolinite*: diffusa specialmente nella Toscana meridionale in Calabria e Sicilia. Appare fondamentalmente legata a rocce

TABELLA 2
Composizione mineralogica % della
frazione argillosa

N°	Smectite	Clorite	Interstratificati	Illite	Caolinite
40	-	15		50	35
41	-	10		45	45
43	40	p		40	10
45	30	5		35	35
47	-	p		50	50
48	-	10	p	40	50
51	-	p		50	50
53	50	p		30	15
54	-	-		60	40
56	20	10		35	35
59	10	10	p	40	40
39	30	15	7	20	25
227	30	10		30	30
61	30	10	15	30	15
63	40	15	10	18	18
65	30	10	5	30	25
68	40	5	5	25	25
70	30	5	10	30	25
226	p	10		40	50
73	45	10	10	15	20
74	40	5	10	25	20
77	20	p	20	30	20
83	25	5	10	25	35
84	15	15		25	45
90	15	20		40	25
91	20	20		40	20
92	10	20		45	25
95	15	15		30	40
97	20	20		30	30
99	50	5		25	20
101	20	10	5	30	30
103	-	15	-	35	50
105	25	25		p	50
106	35	5	5	10	40
107	60			p	40
110	50				50
112	45			10	45
116	40			10	50
117	40			10	50
119	40			10	50
121	30			10	60
123	-	10	p	20	70
125	-	10	10	30	50
126	35	10	p	25	30
129	30	10		30	30
130	40	5	p	25	20
132	5	10	5	40	30
134	-	10	5	50	40
137	-	15		50	35
139	30	5	5	15	40
140	10	20	10	40	15
142	50	p		25	25
144	40	p		30	30
145	p	p		50	50
146	35	5		30	30
149	35	5		30	30
150	40	5		25	25
155	15	-	p	20	65
86	p	10		60	30
87	-	10	15	35	25
88	10	15	15	30	30
163		15	15	30	40
161		5	15	30	50
165	-	-	-	50	50
167		10	p	45	45
169	5	5	15	35	15
171		5	20	30	40
172		5	15	30	50
174		10	20	20	50
177		15	5	50	30
178		20		20	60
180		10		50	40
181		50		50	50
183		5	5	70	20

nale delle seguenti associazioni di minerali argillosi:

— *Adriatico settentrionale*: illite e caolino dominanti, smectite e clorite complementari.

— *Adriatico centrale*: smectite e clorite dominanti, illite e caolino complementari, presenza di interstratificati.

— *Adriatico meridionale*: come l'area precedente con aumento della componente smectitica.

— *Ionio*: illite e clorite dominanti, caolino e smectite complementari.

— *Tirreno meridionale*: illite e caolino dominanti, clorite e interstratificati complementari.

— *Tirreno centrale*: smectite dominante, illite e caolino complementari.

— *Tirreno settentrionale*:

Toscana: caolino e illite dominanti, interstratificati e clorite complementari.

Liguria: illite, caolino complementare, clorite dominanti.

Sicilia: caolinite e smectite dominanti, illite secondaria.

La tabella seguente riassume quanto detto finora (fig. 3).

TABELLA 1
Composizione mineralogica

Zone	Dominante	Complementari
Adriatico settentr. I	I-K	Sm-Cl misto
Adriatico centrale II	Sm-Cl	I-K-Int
Adriatico merid. III	Sm(+)-Cl	I-K-Int
Ionio IV	I-K	Cl-Sm
Tirreno merid. V	I-K	Cl(int)
Tirreno centrale VI	Sm	I-K
Tirreno settentrionale:		
VII Toscana	K-I	Cl-Int
VIII Liguria	I-K	Cl
Sicilia IX	K-Sm	I

Correlazione fra i dati granulometrici e mineralogici (frazione sottile) dei sedimenti alluvionali e delle argille plioceniche

Dall'esame delle figure 1 e 3 si osserva quanto segue:

— le aree caratterizzate da granulometrie sottili, Adriatico, Sicilia e Tirreno meridionale, presentano generalmente un elevato contenuto in smectite;

— le aree caratterizzate da granulometrie intermedie, Tirreno centrale e Ionio, pre-

argillose (appennino ligure-piemontese, Toscana meridionale e Sicilia) e formazioni cristalline (Calabria).

Dal confronto delle considerazioni precedenti con quelle che emergono dall'esame della figura 4 emerge la ripartizione regio-

sentano elevati contenuti in caolinite, clorite e illite;

- le aree dominate da granulometrie grossolane, Tirreno meridionale e Liguria, hanno come minerali più diffusi la illite e la clorite.

Come osservazione generale le formazioni prevalentemente sedimentarie marnoso-argilloso-calcaree dell'Adriatico forniscono alluvioni con granulometrie fini e smectite prevalente. Le formazioni cristalline delle aree ionica e ligure producono granulometrie grossolane e minerali argillosi dominanti, tipo illite e clorite.

Dall'esame delle figure 2 e 3 si osserva l'esatta corrispondenza delle ripartizioni regionali delle associazioni dei minerali argillosi per i sedimenti pliocenici ed i sedimenti alluvionali attuali.

I sedimenti pliocenici delle aree A, B e C della figura 2 saranno presi in considerazione insieme ai dati riguardanti i sedimenti alluvionali del Po e del Tevere.

In particolare:

- le aree C, D, E dell'Adriatico sono caratterizzate da smectite e clorite come i sedimenti alluvionali della zona;
- l'area F del Tirreno centrale è caratterizzata da smectite come i relativi sedimenti alluvionali;
- le aree H e I, corrispondenti alla Toscana e al Tirreno settentrionale, sono caratterizzate dall'associazione caolinica-illitica, come le corrispettive alluvioni;
- i sedimenti pliocenici della Sicilia (area M) sono caratterizzati da smectite e caolinite esattamente come i relativi sedimenti alluvionali.

Dal confronto dei risultati dello studio dei sedimenti fluviali del Quakernaat e dello studio condotto (fig. 3) emerge:

- l'Adriatico settentrionale e centrale (provincia 4 Quakernaat) presenta un elevato contenuto in smectite e interstratificati cloritici;
- il Tirreno centrale (provincia 3 Quakernaat) è caratterizzato da assenza di clorite e abbondanza di smectite e caolino;
- il Tirreno settentrionale, e in particolare le coste della Toscana (provincia 2 Quakernaat) è caratterizzato da abbondanza di caolinite e interstratificati;
- il Tirreno settentrionale, le coste della

TABELLA 3
Composizione litologica del bacino del Tevere (*) (% areale)

N° Camp.	Carbonati	Marne	Arenarie	Argille	Vulcanico
Tevere 269	5	55	40	5	-
Tevere 158	-	70	25	5	-
Faglia 271	-	-	10	70	20
Tevere 273	5	-	50	30	15
Nera 275-157	90	10	-	-	-
Tevere 276-156	20	-	40	30	10

(*) Desunte dalle carte geologiche 1:100.000.

TABELLA 4
Composizione mineralogica fondamentale (F. Tevere)

n°	Quarzo %	K feldspato %	Na feldspato %	Calcite %	Sm	Cl	I	K
156	35	15	5	15	-	-	+	+
157	15	5	5	40	-	-	-	+
158	20	5	5	5	-	-	+	+
269	15	p	5	5	p	-	+	+
271	10	p	3	20	p	-	+	+
273	15	5	3	20	p	-	+	+
275	15	5	5	40	p	p	p	p
276	25	10	5	20	p	p	p	p

TABELLA 5
Composizione mineralogica della frazione argillosa (F. Tevere)

	Smectite %	Clorite %	Interstratificati %	Illite	caolinite
156	10	10	p	40	40
157	20	10	-	50	50
158	-	-	-	50	50
269	p	p	p	35	35
271	-	-	-	50	50
273	-	-	-	50	50
275	35	15	-	25	25
276	10	5	5	40	40

TABELLA 6
Campionamento del Po e principali affluenti

Po e confluente	n°	Affluente
	39*	195 Pellice
	194*	196 Chisone
	251 (Dora B.)	197 Dora B.
	252*	198 Stura
	256*	199 Orco
	258*	200 Chiusella
	260 (Taro)	201 Dora B.
	262 (Oglio)	202 Cervo
	265 (Secchia)	203 Sesia
	266*	204 Toce
		206 Mera
		208 Adda
		207 "
		209 Brembo
		210 Serio
		211 Oglio
		212 "
		214 Secchia
		215 Trebbia
		216 Taro

(*) Campioni prelevati sul Po.

TABELLA 7

Composizione litologica di bacini di alcuni affluenti del Po (*) (% areale)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Po (250)		20	70					10
(Sinistra)								
Dora B. (251)	20	60					20	
Oglio (262)		10	65		15			10
(Destra)								
Trebbia (257)				30	20	50		
Taro (261)				20	20	60		
Secchia (265)				50	20	30		

1) Granito; 2) Cristallino; 3) Carbonati; 4) Marne; 5) Arenarie; 6) Argille; 7) Vulcanico; 8) Sabbie.
(*) Desunta dalle carte geologiche 1:100.000.

TABELLA 8

Composizione mineralogica fondamentale % (Po e confluente)

	Q	KF	NaF	C	D	Sm	Cl	Il	K
39	20		5	10		p		+	+
194	50	5	10	-			p	++	+
251	22	5	20	25	1	+		++	+
252	25	5	12	5		+		+++	+++
256	35	5	10	10	1	+		+++	++
258	15	5	5	10	1	+		++	++
260	15	5	5	20	15	p		++	+++
262	35	5	10	10		+		++	++
265	20	5	5	15		p		++	++
266	25	5	5	15	1	p		++	++

Q = quarzo; KF = feldspato potassico; NaF = feldspato sodico; C = calcite; D = dolomite; Sm = smectite; Cl = clorite; Il = illite; K = caolinite.

TABELLA 9

Composizione percentuale della frazione argillosa (Po e affluenti)

	Sm	Cl	Int.	I	K
195	10	10		30	50
196		30		40	30
197	5	5		50	40
198		5	5		90
199		20		40	40
200	10	20	10	25	35
201		5		50	45
202	40	15		15	30
203	10	10		20	60
204	30	15		30	25
206		5		65	30
207		20		40	40
208		5		45	45
209		5		50	45
210		5		55	40
211		5	p	55	40
212		p		60	40
214	20	10		35	35
215	30	5	-	5	30
216	40	10	10	20	20
Affluenti					
39	30	15	7	20	25
194		30		30	30
251		20		40	40
252		20		40	40
256	10	10	10	40	30
258	30	5	5	30	30
260	40			20	40
262		15		45	35
265	25	5		30	30
266	15	15		30	40
Po e confluente					

Sm = smectite; Cl = clorite; Int = interstratificati; I = illite; K = caolinite.

Liguria (provincia 1 Quakernaat) da illite e interstratificati cloritici.

I risultati del Quakernaat sono dunque ben in accordo con quelli del presente studio.

Risultati e discussione

Bacino del Tevere

Nel bacino del Tevere si è proceduto alla raccolta di 10 campioni prelevati in base alle differenze di natura litologica dei bacini secondari e agli apporti principali.

Nella tabella 3 sono riportati il campionamento e le formazioni litologiche dominanti nel bacino.

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportate la composizione mineralogica generale e quella della frazione argillosa. Nella prima fase del lavoro di esame e classificazione dei fiumi e delle spiagge, per il bacino del Tevere era stato preso in considerazione solo il campione di foce.

In questa seconda fase vengono studiati più in dettaglio tutto il bacino e i principali affluenti.

Nella figura 6 si è riportata la distribuzione dei componenti mineralogici fondamentali.

Dall'esame della fig. 6 e della tabella 3 si nota che:

- i contenuti più elevati in calcite provengono dalle zone del Nera, il cui bacino è prevalentemente carbonatico;
- il campione del Paglia, che proviene da zone argillose, ha i contenuti più bassi in minerali detritici;
- i campioni provenienti da bacini arenacei, e in particolare il campione di foce, hanno i contenuti più elevati in quarzo e feldspati.

Nella fig. 7 sono riportati gli istogrammi con la composizione % della parte argillosa.

Dall'esame delle fig. 7-8 si osserva quanto segue:

- i campioni provenienti da aree dove sono prevalenti le formazioni litologiche carbonatiche sono caratterizzate da un'associazione di minerali argillosi dove sono dominanti smectite e clorite e complementari illite e la caolinite;
- i campioni provenienti da aree arenacee e argillose sono caratterizzati invece da prevalenza di illite e caolinite;

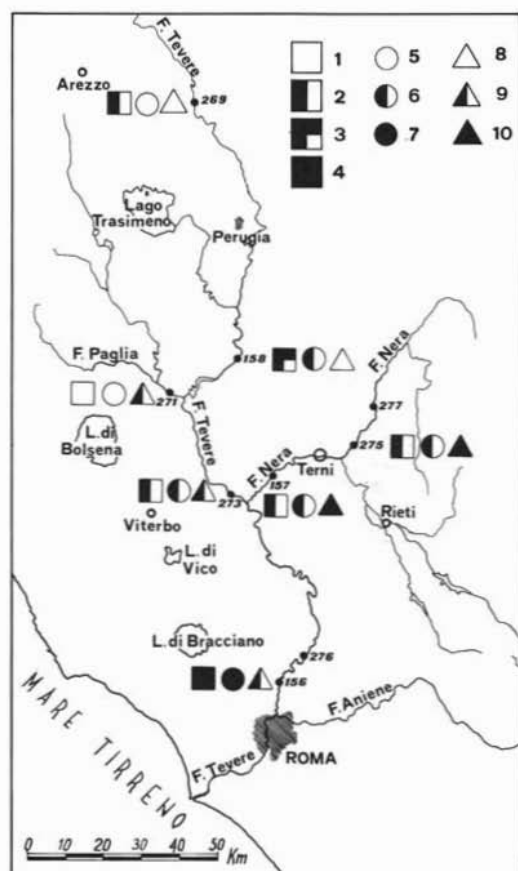


Fig. 6. — Bacino del Tevere. Composizione mineralogica fondamentale (1 = quarzo scarso; 2 = quarzo medio; 3 = quarzo abbondante; 4 = quarzo molto abbondante; 5 = feldspato scarso; 6 = feldspato medio; 7 = feldspato abbondante; 8 = calcite scarsa; 9 = calcite media; 10 = calcite abbondante).

- i campioni provenienti dalle aree calcaree presentano un contenuto più elevato in calcite e, fra i minerali argillosi in smectite e clorite;
- i campioni delle aree arenacee e argillose un contenuto elevato in quarzo e feldspati e, fra i minerali argillosi, la dominanza di illite e caolinite;
- il campione di foce presenta illite e caolinite dominanti e clorite e smectite complementari; questi ultimi sono dovuti al contributo anche delle aree carbonatiche.

In conclusione emerge una rispondenza stretta fra situazione litologica dei bacini e composizione mineralogica fondamentale e della frazione argillosa delle alluvioni.

Confrontando la fig. 8 con la fig. 2 si nota che l'area G, che comprende le formazioni argillose plioceniche del bacino del Tevere è caratterizzata da: Sm-CI-Il-K.

I sedimenti alluvionali presentano invece tre tipi di associazione di cui uno uguale a quello dell'area G, uno prossimo a quello dell'area I ed uno di foce corrispondente a miscela degli altri due.

La corrispondenza con le associazioni mineralogiche argillose plioceniche è quindi grossolanamente valida.

Po ed affluenti

Vengono prese in considerazione due serie di campioni.

La prima è rappresentata da campioni di bacini secondari già esaminati per la composizione fondamentale (BRONDI e al., 1979-81). La seconda da campioni del Po e delle confluenze dei più importanti bacini secondari.

Le tabelle 6 e 7 riportano il campionamento effettuato ed i rapporti di alcuni campioni con le principali formazioni litologiche presenti nel bacino del Po e dei suoi affluenti.

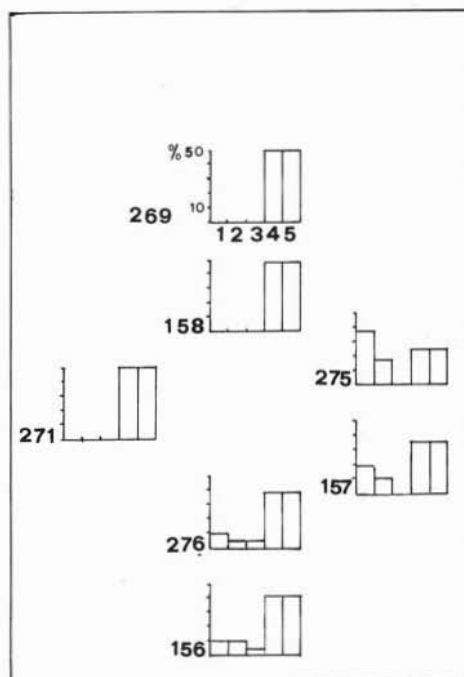


Fig. 7. — Bacino del Tevere. Istogrammi dei minerali argillosi. 1 = smectite; 2 = clorite; 3 = interstratificati; 4 = illite; 5 = caolinite.

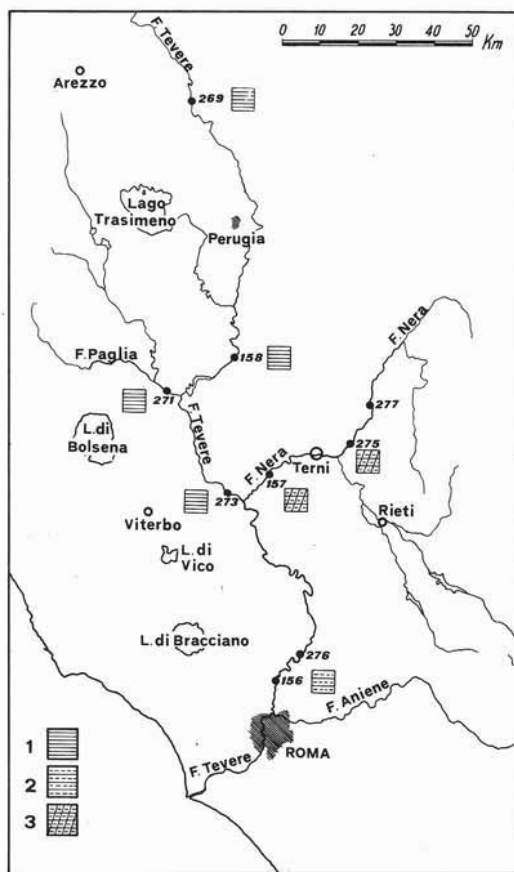


Fig. 8. — Bacino del Tevere. Distribuzione delle associazioni dei minerali argillosi (1 = illite, caolinite; 2 = illite, caolinite, clorite, interstratificati, smectite; 3 = smectite, clorite, illite, caolinite).

Nella tabella 8 e nella figura 9 sono riportate le composizioni mineralogiche fondamentali dei campioni del Po e dei più importanti affluenti. Dall'esame della fig. 9 si osserva che:

- le percentuali più elevate in calcite si rinvencono nei sedimenti degli affluenti di destra che provengono dalle zone marnoso-argillose dell'Appennino;
- i tenori più elevati in quarzo e feldspati provengono dalle aree cristalline alpine.

Nella fig. 10 sono riportati gli istogrammi con la composizione delle frazioni argillose.

Dall'esame della fig. 11 e della tabella 9, riportanti le distribuzioni dei minerali argillosi, si osserva che:

- gli affluenti di destra, caratterizzati da un'associazione a smectite e clorite, scorrono in bacini marnosi-argillosi;
- gli affluenti di sinistra e lo stesso Po fino alla confluenza della Dora Baltea sono caratterizzati da illite, caolinite e clorite e corrispondono ad aree prevalentemente a formazioni cristalline;
- la zona del Ticino ed il campione del Po dopo la confluenza sono caratterizzati da un contenuto notevole di smectite;
- i bacini dell'Adda e dell'Oglio, arenacei e cristallini sono caratterizzati da un'associazione a prevalente illite;
- nell'ultimo tratto il Po è caratterizzato da associazioni miste a smectite, clorite e illite.

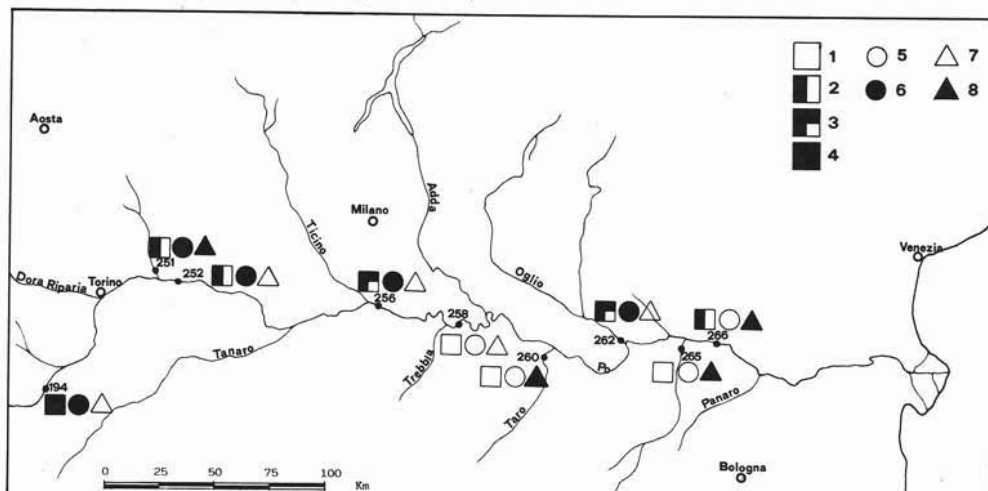


Fig. 9. — Bacino del Po. Composizione mineralogica fondamentale: 1 = quarzo scarso; 2 = quarzo medio; 3 = quarzo abbondante; 4 = quarzo molto abbondante; 5 = feldspati scarsi; 6 = feldspati abbondanti; 7 = calcite scarsa; 8 = calcite abbondante.

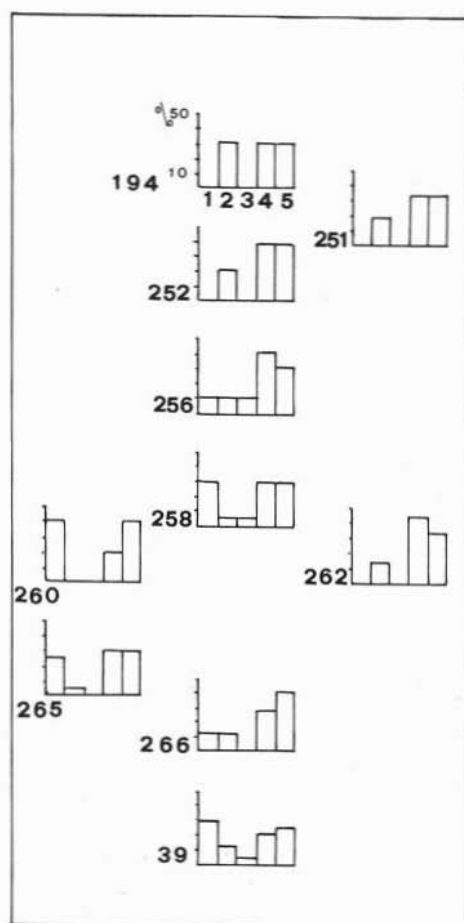


Fig. 10. — Bacino del Po. Istogrammi dei minerali argillosi. 1 = smectite; 2 = clorite; 3 = interstratificati; 4 = illite; 5 = caolinite.

Se si confronta la figura 2 con la figura 11 si osserva che:

- le aree A e B della fig. 2 sono caratterizzate da:
 - A (I-K dominanti e Sm-Cl complementari),
 - B (I-K dominanti e Sm-Cl complementari ma in aumento e presenza di interstratificati);
- i sedimenti fluviali del Po sono caratterizzati da illite + caolinite e clorite complementare nella parte corrispondente alla zona A della fig. 2; sono invece caratterizzati da un aumento di smectite e clorite nella zona intermedia e finale (zona B - fig. 2).

In conclusione c'è una buona corrispondenza, data la scala grossolana di campiona-

mento adottata fra associazioni mineralogiche argillose di sedimenti fluviali, di sedimenti argillosi pliocenici e di situazioni litologiche dei bacini alimentatori.

Conclusioni

Da quanto emerso finora e dal confronto con i dati mineralogici e granulometrici del precedente lavoro (BRONDI e al., 1978-79) e di quello sulle formazioni plioceniche argillose italiane (BRONDI e al., 1981) si può concludere quanto segue:

- a - Esiste una ripartizione geografica di ben precise province mineralogiche argillose; sono state individuate IX province caratterizzate da diverse associazioni di minerali argillosi distribuite sull'intera area costiera italiana.
 - b - È stata accertata una buona corrispondenza fra province di minerali argillosi individuate con l'esame delle formazioni plioceniche italiane e quelle determinate con lo studio dei sedimenti fluviali.
 - c - È stata accertata, anche se per grandi linee, una correlazione fra litologia dei bacini alimentatori e composizione mineralogica della frazione argillosa dei sedimenti fluviali.
- A - La conoscenza dei sedimenti fluviali permette di definire i contributi delle varie formazioni litologiche alla costituzione dei sedimenti della piattaforma costiera.
- B - La loro distribuzione nell'ambiente marino costiero può dare un'indicazione dei livelli geochimici di fondo che sono da aspettarsi per gli elementi in tracce legati alle rocce alimentatrici.
- La visione di insieme sulla composizione e distribuzione dei sedimenti fluviali e costieri ottenuta con i dati di questo e del precedente lavoro consente una ripartizione dei tipi di sedimenti presenti sui litorali e potrà essere utilizzata per l'impostazione di studi ambientali futuri sulla piattaforma costiera italiana.
- C - Il confronto tra la composizione dei sedimenti fluviali e quelli di piattaforma consente di stabilire il senso di dispersione non solo dei sedimenti terrigeni stessi ma degli eventuali inquinanti provenienti dagli stessi bacini.

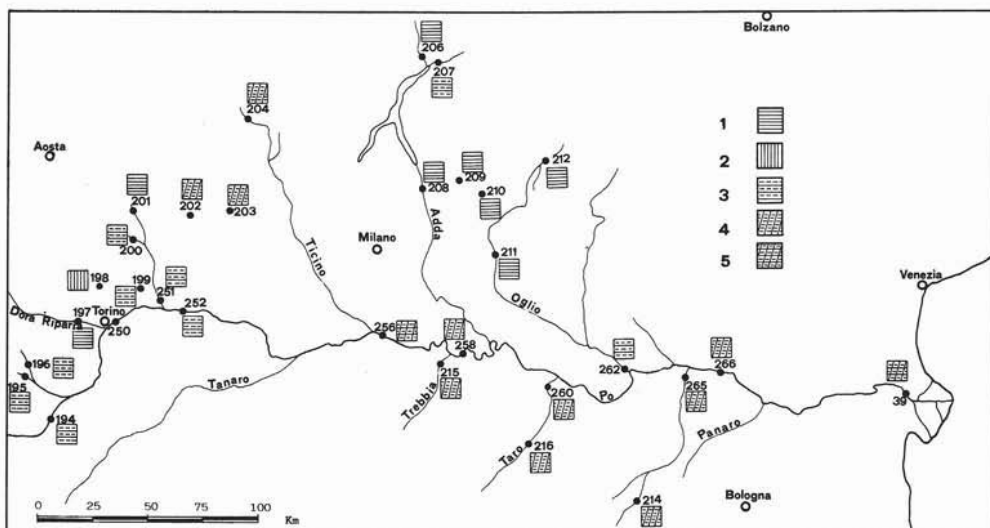


Fig. 11. — Bacino del Po. Distribuzione delle associazioni dei minerali argillosi (1 = illite, caolinite; 2 = caolinite, illite, clorite; 3 = illite, clorite, caolinite; 4 = smectite, clorite; 5 = tipo misto).

BIBLIOGRAFIA

- ANSELMI B., BRONDI A., FALCHI G., FERRETTI O. (1978) - *Lineamenti granulometrici e mineralogici generali dei sedimenti fluviali e costieri del territorio italiano. Studio di supporto a ricerche sulla dinamica costiera e sulla contaminazione marina.* Mem. Soc. Geol. Ital., 19, 304-314.
- ANSELMI B., BENVENÙ F., BRONDI A., FERRETTI O. (1979) - *Studi sui parametri geologici rilevanti ai fini della determinazione della contaminazione ambientale del territorio nazionale.* CNEN RT/PROT (79) 14.
- ANSELMI B., BRONDI A., FERRETTI O., GERINI V. (1981) - *Criteri geologici per l'identificazione dei bacini argillosi favorevoli allo smaltimento dei rifiuti radioattivi. Studi sulle formazioni plioceniche italiane.* CNEN RT/PROT (81) 16.
- BRONDI A., FERRETTI O., ANSELMI B., FALCHI G. (1979) - *Analisi granulometriche e mineralogiche dei sedimenti fluviali e costieri del territorio italiano.* Boll. Soc. Ital., 98, 293-363.
- QUAKERNAAT J. (1968) - *X-ray analysis of clay minerals in some recent fluvial sediments along the coasts central Italy.* Dissertation, Amsterdam, p. 105.
- TOMADIN L. (1968) - *Ricerche sui sedimenti argillosi fluviali dal Brenta al Reno.* Giornale di Geologia, (2) XXXVI.
- TOMADIN L. (1970) - *Mineralogia dei sedimenti pelitici (Mar Tirreno).* Giornale di Geologia, (2) XXXVII.
- VENIALE F., SOGGETTI F., PIGORINI B., DAL NEGRO A., ADAMI (1972) - *Clay mineralogy of bottom sediments in the Adriatic Sea.* Proceeding International Clay Conference, Madrid.
- VENIALE F., SOGGETTI F., SANTAGOSTINO C. (1977) - *La distribuzione dei minerali argillosi nei sedimenti di fondo del Mare Adriatico. II: mesofossa e fossa centro-meridionale.* Geol. Appl. e Idrog., Bari, vol. XIII, parte II.