

## EVOLUZIONE QUATERNARIA DELLA LAGUNA DI MARANO (FRIULI-VENEZIA GIULIA)

R. Marocco

Istituto di Geologia e Paleontologia, Università di Trieste

**RIASSUNTO** - *Evoluzione Quaternaria della Laguna di Marano (Friuli-Venezia Giulia)* - *Il Quaternario*, 2, n. 2, pp. 125-137 - Studi sedimentologici e paleoecologici condotti su tre sondaggi (spinti a carotaggio continuo fino alla profondità di circa 30 m dal piano campagna), eseguiti nella laguna di Marano, hanno evidenziato una successione di sedimenti continentali ricoperti per trasgressione da depositi lagunari-litorali, tutti di provenienza isontina (F. Isonzo-Natisone-Torre).

Datazioni radiometriche con il metodo del  $^{14}\text{C}$  eseguite su materiali diversi (torbe, bivalvi e sostanza organica s.l.), in successione stratigrafica, hanno fornito età di  $20.200 \pm 720$  anni B.P. per i depositi continentali alla base dei sondaggi, di  $5.540 \pm 225$  anni B.P. per quelli lagunari basali e di  $1.400 \pm 290$  B.P. per quelli lagunari di tetto.

La sequenza continentale ha evidenziato che la paleopianura friulana si è formata per alluvionamento prevalentemente sabbioso, e subordinatamente pelitico, dei fiumi dell'attuale provincia isontina, alternato a ricorrenti impaludamenti che hanno portato alla formazione di depositi torbosi. Questa fase di alluvionamento è proseguita con episodi alterni, a partire dal Würm III fino all'Atlantico Sup., nel sottosuolo dell'estremità meridionale della laguna di Marano e, fino ai giorni nostri, alle spalle del suddetto ambiente.

La sequenza lagunare è definita da depositi da pelitico-sabbiosi a sabbioso-pelitico-organogeni di facies prossima a una bocca lagunare, grosso modo coeva a depositi analoghi delle lagune di Venezia e di Caorle; la formazione appare essere legata soprattutto all'innalzamento olocenico del livello marino.

I depositi litorali, rinvenuti solamente in corrispondenza dell'attuale cordone della laguna di Marano, sono costituiti da sabbie ed orizzonti conchigliari con il passaggio graduale, dal basso verso l'alto, da facies di spiaggia sottomarina-intertidale, a facies di spiaggia emersa.

La posizione dell'attuale linea di riva nell'area in esame, al di là di minime oscillazioni locali, risulta essere la più settentrionale raggiunta dal mare, almeno dall'ultima fase glaciale ad oggi. La configurazione attuale dell'ambiente lagunare è stata raggiunta in epoca storica (tardo-romana), con il raccordo del cordone litorale al delta progradante del F. Tagliamento.

**ABSTRACT** - *Quaternary evolution of the Marano Lagoon (Friuli-Venezia Giulia)* - *Il Quaternario*, 2, n. 2, pp. 125-137 - Wells (drilled to a depth of about 30 m) in the Marano Lagoon (Northern Adriatic Sea) have pointed out a succession of continental sediments covered by transgressive lagoonal-littoral deposits derived from the Isonzo drainage basin.

$^{14}\text{C}$  datings of peat, bivalves and organic matter have given an age of  $20,200 \pm 270$  years B.P., for the "basal" continental deposits, of  $5,540 \pm 225$  years B.P., for the lower lagoonal deposits and  $1,400 \pm 290$  years B.P., for the upper lagoonal deposits.

The continental sequence is dominated by sandy, subordinately pelitic alluvial deposits, alternating with recurrent marsh episodes, from Würm III to Upper Atlantic or up to the Present.

Lagoonal deposits are pelitic-sandy to sandy-pelitic-organogenous indicating proximity to a lagoon mouth (inlet). The lagoonal facies has turned out to be roughly contemporary to analogous environments of the Northern Adriatic Sea, notably in the Venice and Caorle Lagoon; its formation shows to be mainly related to the Holocene eustatic rise of the sea level.

Littoral deposits have only been found in correspondence with the modern barrier island of the Marano Lagoon. They are made up of sands and shell horizons marking the gradual transition, from bottom to top, from shoreface-foreshore to backshore facies.

The position of the present shoreline has to be considered, with the exception of local fluctuations, the northernmost reached by the sea, after the last glacial period. The present configuration of the lagoon was reached during the historical age (late-Roman), by the connection of the barrier island with the prograding delta of R. Tagliamento.

**Parole chiave:** Sedimentazione continentale, sedimentazione lagunare-litorale, trasgressione olocenica, Laguna di Marano, Friuli-Venezia Giulia

**Key-words:** Continental sedimentation, lagoonal-littoral sedimentation, Holocene transgression, Marano Lagoon, Friuli-Venezia Giulia

### 1. INTRODUZIONE

La presente nota riferisce su una indagine sedimentologica, paleoecologica e geocronologica condotta su 3 sondaggi eseguiti lungo un transetto della laguna di Marano (Alto Adriatico) e finalizzata alla definizione della evoluzione recente di questa parte più meridionale della pianura del Friuli-Venezia Giulia.

Essa segue studi eseguiti in aree finitime e segnatamente nella laguna di Grado (Zucchi Stolfa & Topazzini, 1976; Marocco, Pugliese & Stolfa, 1984; Marocco, Stolfa, Zucchi Stolfa & Lenardon, in stampa) e nel delta del Fiume Tagliamento (Giovannelli, Rizzi Longo, Stolfa & Zucchi Stolfa, 1986; Marocco, in stampa).

### 2. MATERIALI E METODI

L'identificazione dei diversi ambienti di sedimentazione è avvenuta per confronto con serie già analizzate e controlli granulometrici, mineralogici e malacologici puntuali, effettuati su sondaggi a carotaggio continuo che si sono spinti fino alla profondità massima di circa 30 m dal piano campagna (S2, S8 e S9). Le osservazioni di cui sopra sono state integrate da datazioni radiometriche.

I sondaggi sono stati eseguiti lungo un transetto posto trasversalmente all'ambiente lagunare (Fig. 1), secondo uno schema di campionatura che presupponeva una trasgressione della linea di riva fino a quote supe-

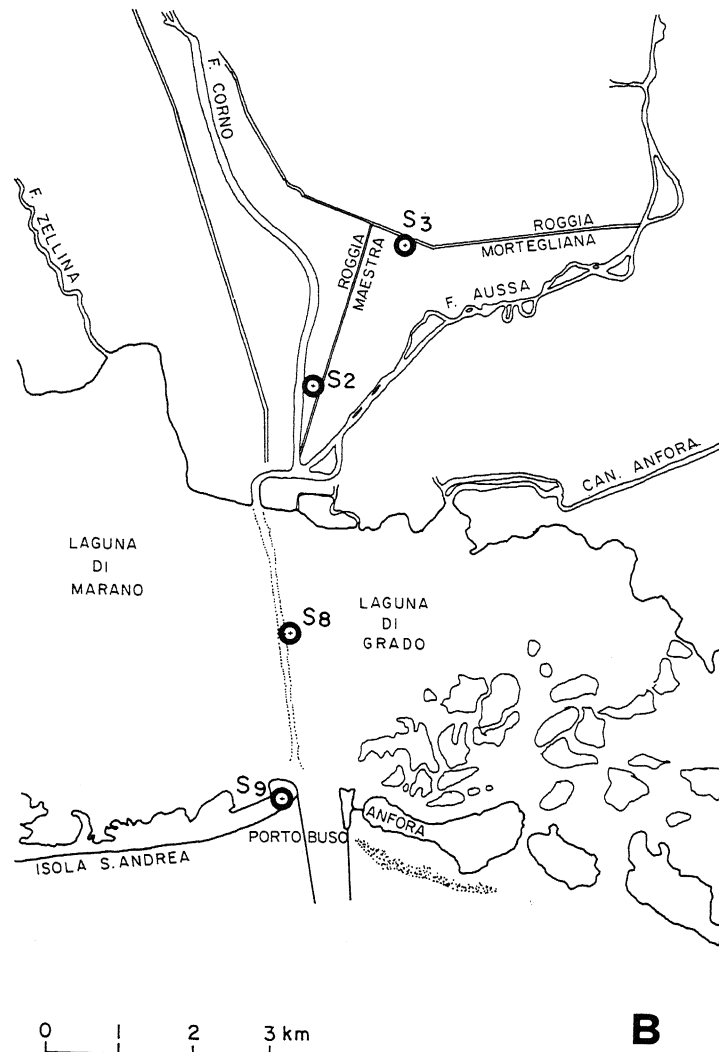
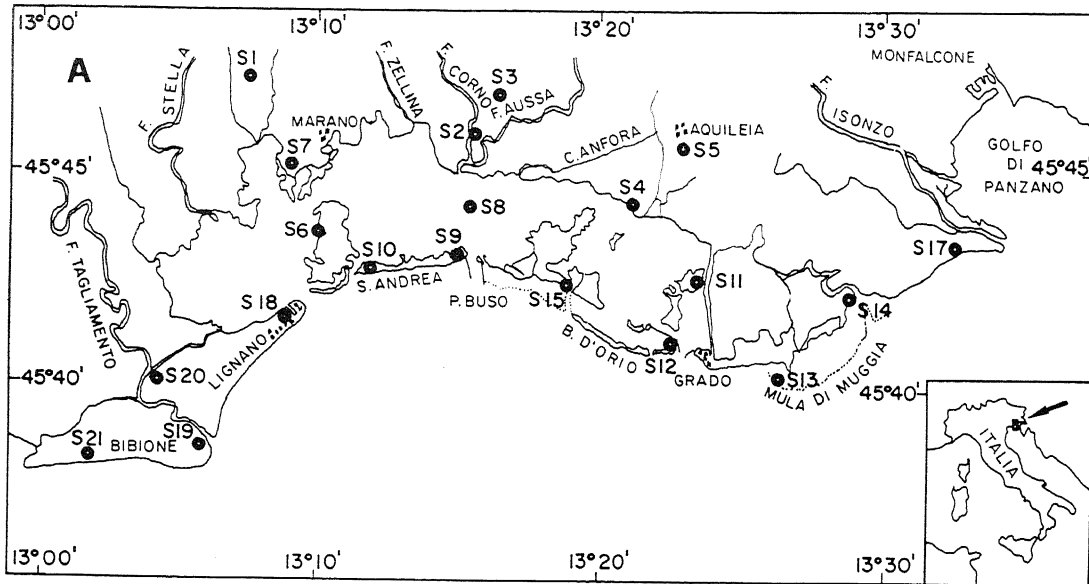


Fig. 1 - A) Inquadramento delle lagune di Marano e Grado. B) Ubicazione dei sondaggi  
 A) Setting of the Marano and Grado Lagoons. B) Location of borings

riori all'attuale livello marino (Comel, 1954; Segre, 1969; Brambati, 1969; 1970; 1985). Su sondaggi campione (S12, S15, S19 e S20 di Fig. 1 A) erano stati eseguiti in precedenza analisi geochimiche, paleoecologiche (malacologiche, micropaleontologiche e palinologiche), mineralogiche e granulometriche (compendiate nei lavori precedenti, riportati in bibliografia) che avevano permesso l'individuazione degli ambienti sedimentari principali: continentale (piana alluvionale e continentale s.l.), di transizione (deltizio, litorale e lagunare) e marino (marino franco). Quando è stato possibile, e principalmente sulla base di elementi tessiturali, di strutture sedimentarie e di associazioni faunistiche, si è eseguita una ulteriore suddivisione in subambienti (argine naturale, piana inondabile, barena, piana tidale, prodelta, spiaggia sottomarina, intertidale ed emersa, "lama" interdunale e duna litorale), anche grazie alle conoscenze accumulate nello studio degli ambienti litorali, lagunari e deltizi dell'Alto Adriatico.

Le analisi granulometriche sono state eseguite con il metodo dei setacci-pipetta; la classificazione adottata quella di Nota (1958).

Le analisi paleoecologiche sono state eseguite previo lavaggio del campione con un setaccio da 50

maglie/cm (frazione 2 grossolana) e da 6.400 maglie/cm (frazione fine) e successiva essiccazione a 40° C.

Le analisi mineralogiche sono state condotte sulla frazione 50-210 µm (sabbie medie e fini) per filtrazione in liquido pesante (tetrabromoetano; p.s. = 2,95) e successivo conteggio su almeno 100 granuli. I minerali pesanti sono stati distinti in opachi e trasparenti adottando il sistema di Gazzi (1966).

Per la geocronologia radiometrica sono stati campionati tutti i livelli torbosi e le malacofaune sicuramente autoctone presenti negli orizzonti più significativi, ascrivibili all'ambiente lagunare e litorale. Le datazioni assolute (<sup>14</sup>C e <sup>13</sup>C) sono state eseguite con metodi standard dal Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie Isotopique dell'Università di Parigi Sud (Prof. Jean-Claude Fontes). La scelta di tale laboratorio è stata dettata anche dalla volontà di uniformare i dati del presente lavoro, così come quelli dei lavori precedenti, con quelli editi da Bortolami, Fontes, Markgraf & Saliège (1977) e relativi alla laguna di Venezia.

Nella Tabella I che segue vengono riportate le coordinate geografiche e le quote di inizio e fine sondaggio riferite al livello medio mare.

Tabella I - Ubicazione e quote dei sondaggi analizzati  
*Position and altitudes of the borings examined*

Sigla	Località	Coordinate (rif. Greenwich)	Quote (m)	
			Inizio pozzo	Fine pozzo
S9	Isola S. Andrea	45°43'13" N 13°14'35" E	+1,70	-21,90(*)
ES8	Canale P. Buso	45°44'19" N 3°14'46" E	0,	25,00
S2	La Valletta (Torviscosa)	45°46'06" N 13°14'46" E	+0,30	-29,20

(\*) La perforazione del sondaggio S9 si è interrotta a questa profondità, a causa di eruzione del pozzo determinata da gas di palude, sigillato da una copertura torbosa. Situazioni stratigrafiche analoghe sono note sia nel sottosuolo della laguna di Grado, sia in Adriatico (Colantoni, Fanzutti & Marocco, 1985).

### 3. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

L'area in esame si estende nella parte più settentrionale dell'Alto Adriatico, a cavallo tra il delta del Fiume Tagliamento e della laguna di Grado. E' delimitata a Sud dal cordone litorale di S. Andrea, adiacente alla bocca lagunare ormai fissata dai moli guardiani di Porto Buso; a Nord dalla bassa pianura friulana e, segnatamente, a valle del complesso chimico di Torviscosa, dalla confluenza dei fiumi di risorgiva di Aussa e Corno.

L'immediato retroterra è costituito dalla piana, le cui alluvioni sabbiose ed argillose di età olocenica sono associate a depositi spesso organici di area paludosa o lagunare di recente bonifica. In particolare, il tratto lagunare del transetto rientra nel bacino idrografico sotteso dalla bocca di Porto Buso, in passato vivificato dall'omonimo canale che congiungeva la confluenza dell'Aussa e del Corno con la bocca lagunare. Attualmente, il canale lagunare è stato approfondito e rettificato per facilitare l'accesso al porto industriale di Nogaro.

Nella laguna di Marano si possono distinguere due

aree mineralogicamente diverse: una magnesiaca, attinente agli apporti terrigeni del F. Tagliamento, relegata alla estremità occidentale della laguna (ad Ovest del

transetto in oggetto), e una calcitica, dipendente dai contributi attuali e subattuali del F. Isonzo (Brambati & Venzo, 1967) che comprende gran parte del sistema la-

Tabella II - Composizione mineralogica percentuale della frazione sabbiosa dei sedimenti attraversati nei sondaggi  
Percent mineralogic composition of the sandy fraction of sediments reached by the borings

Sondaggio Prof. (m)	S9				S8		S2		
	14.8	16.5	16.9	21.5	9.4	14.7	8.9	13.5	24.4
Minerale	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Apatite	0,6	/	3,6	2,2	2,3	/	1,4	1,7	/
Augite	1,1	6,2	5,8	14,5	4,5	2,7	1,6	31,6	3,5
Brookite	11,8	7,8	/	13,3	7,9	9,5	19,2	6,7	9,3
Cianite	/	/	/	/	/	/	0,3	/	/
Cloritoide	1,7	1,0	1,7	1,1	/	2,7	2,5	1,7	2,3
Ematite	/	1,5	/	/	/	/	/	16,6	/
Epidoto	3,1	6,2	9,2	5,6	17,0	7,2	10,9	11,7	22,1
Granato	16,8	15,5	18,2	21,1	29,6	16,3	15,8	10,0	16,3
Orneblenda	0,6	-	-	1,1	1,1	2,0	-	3,3	7,0
Picotite	49,7	35,4	29,1	7,8	21,7	30,0	29,8	5,0	17,4
Rutilo	2,5	3,1	3,3	4,5	3,4	4,8	2,2	/	2,3
Staurolite	0,6	2,1	1,7	3,3	-	1,4	0,5	3,3	1,2
Titanite	-	-	1,0	-	-	/	0,8	-	2,3
Tomalina	4,2	7,2	12,2	2,2	2,3	10,9	8,2	1,7	9,3
Tremolite-actinolite	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-
Xenomito	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-
Zircone	7,3	14,0	13,6	23,3	10,2	12,2	6,8	6,7	7,0

gunare di Marano e Grado.

In particolare, la composizione mineralogica delle sabbie dell'area del F. Tagliamento è caratterizzata dalla presenza di granato e subordinatamente di cianite, mentre la picotite individua quella afferente al F. Isonzo (Gazzi, Zuffa, Gandolfi & Paganelli, 1973)<sup>(1)</sup>.

Con riferimento all'immediato sottosuolo della laguna di Grado, Marocco, Pugliese & Stolfa (1984) in base a dati geochimici, sedimentologici e paleoecologici, ricavati dallo studio dei sondaggi S4, S5, S11 e S12 di Fig. 1 A, distinguono in prossimità dell'attuale linea di riva tre intervalli significativi, e precisamente:

- un intervallo inferiore che va da 29,10 a 17,00 m di profondità, in cui si rinvenivano depositi di piana alluvionale, con aree paludose testimoniate da orizzonti torbosi, datati 29.600 anni B.P. (Marocco et al., in stampa);
- un intervallo intermedio, da 17,00 a 9,90 m, dove sono stati riconosciuti sedimenti di ambiente deltizio l.s.;
- un intervallo superiore, che si estende da 9,90 m al top, dove sono stati rilevati due momenti deposizionali: da 9,90 a 6,65 m, depositi di piana tidale e, nella parte più superficiale, litorali, (con profondità non superiore al metro), alternati a depositi di spiaggia

emersa e, alla sommità, a depositi di retrolido.

I rimanenti sondaggi (S4, S5 e S11) hanno rilevato una facies di piana alluvionale, con vaste aree paludose contraddistinte da orizzonti torbosi (S5 7 m: 21.700 ± 580 anni B.P.; Marocco et al., in stampa). La parte superiore di questi sondaggi è stata definita da depositi fluviali ripresi e classati dall'azione eolica.

Più ad Ovest, il sondaggio S15 (Marocco et al., in stampa), sempre nella laguna di Grado, ha evidenziato una graduale variazione da un ambiente continentale (<4,60 m di profondità) ad un ambiente paludoso-lagunare di piana di marea, prima, e di barena poi. Dall'unione di questi dati, risulta che l'ambiente lagunare si è formato per trasgressione su una piana alluvionale che si è formata a partire dall'interstadiale Würm II - Würm III. La formazione dell'ambiente lagunare dovrebbe essere avvenuta in epoca recente, come è testimoniato da numerosi reperti archeologici di età romana rinvenuti nella parte settentrionale della laguna di Grado.

Ad Ovest dell'area oggetto di questo studio, sul delta del F. Tagliamento, l'analisi dei sondaggi S19 e S20 (Giovannelli et al., 1986; Marocco, in stampa) ha messo in evidenza il succedersi, a partire da depositi torbosi datati 28.100±250 anni B.P., di facies continentali ascrivibili ad una piana alluvionale di un fiume meandri-forme, troncati a 17,00 m (S19) da una fase trasgressiva con erosione di depositi presumibilmente continentali-lagunari e loro sostituzione con sedimenti pelitici di

(1) Per una descrizione più dettagliata dell'area in esame si rimanda a Brambati 1969, 1970, 1985, per i caratteri sedimentologici; Zucchi Stolfa 1971, 1972, 1976, 1979; Orel et al., 1987 e Orel & Vio, 1985, per quelli malacologici.

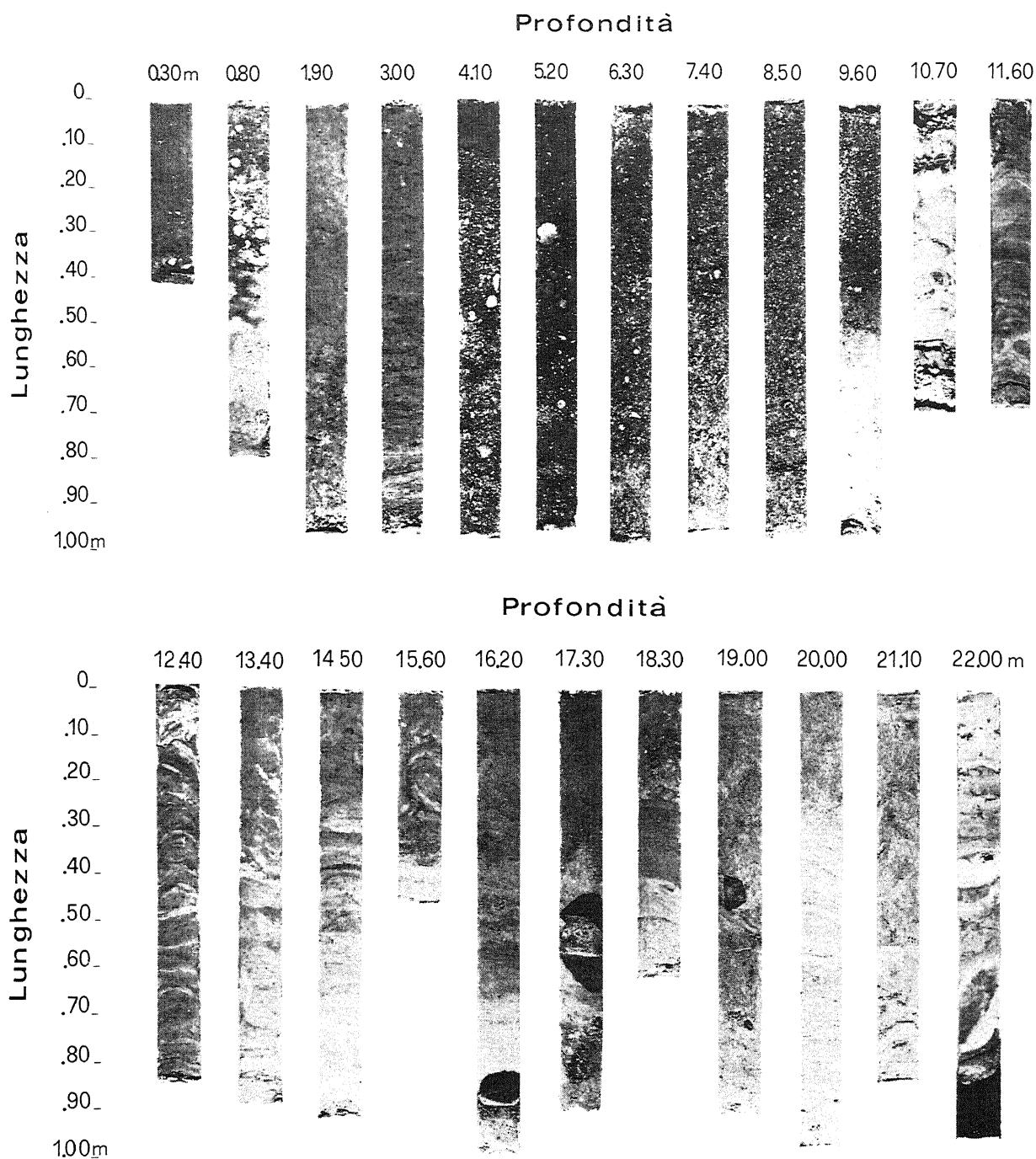


Fig. 2 - Riproduzione fotografica delle carote del sondaggio S9. Al lato delle foto è riportata la lunghezza delle carote; in testa la profondità (dal piano campagna) di prelievo  
*Photos of the sediment cores, boring S9. The length of the cores is reported next to each photograph (in cm); at the top, the depth of sampling*

ambiente marino-litorale. Nel sondaggio S20, più a monte del sondaggio precedentemente citato, si assiste invece ad una graduale trasformazione da una piana alluvionale prossima al delta, con episodi di emersione e formazione di argilla sovraconsolidata (denominata localmente "caranto"), ad un ambiente paludoso che vira ad un ambiente lagunare. Segue una fase di regressione e più precisamente di trasgressione fluviale, determinata dalla pro-

gradazione deltizia del F. Tagliamento all'interno di un ambiente lagunare. Nel sondaggio S19 si registra un succedersi di facies ascrivibili via via a prodelta, spiaggia sottomarina, intertidale ed emersa, a lama interdunale e apparato dunale. Nel sondaggio S20, invece, dopo una prima erosione di depositi lagunari (a carattere locale, determinata da un canale) si verifica la sedimentazione di depositi di argine naturale e di piana inondabile.

Tabella III - Malacofaune e microfaune rinvenute nei sondaggi S9 e S8  
*Malacofaunas and microfaunas found in borings S9 and S8*

SONDAGGIO	S9							S8			
	1.00 1.10	1.45 1.48	2.50 2.60	3.40 3.50	4.60 4.70	9.90 10.10	:	2.80 2.86	5.55 5.60	5.90 5.98	6.20 6.24
MALACOFAUNE							:				
<i>Actaeon tornatilis</i>					+	+	:				
<i>Bela nebula</i>	+						:				
<i>Bittium reticulatum</i>	+	+	+	+	+	+	:			+	
<i>Calyptraea chinensis</i>						+	:				
<i>Cerithiopsis tubercularis</i>					+		:				
<i>Cerithium vulgatum</i>	+		+			+	:				
<i>Chrysallida sp.</i>					+		:				
<i>Cyclope neritea</i>	+						:				
<i>Cyllichnina subcilindrica</i>					+		:				
<i>Eulimella sp.</i>					+		:				
<i>Gibbula adansoni</i>					+		:				
<i>Gibbula adriatica</i>						+	:				
<i>Gibbula albida</i>					+		:				
<i>Gibbula leucophaea</i>	+				+		:				
<i>Gibbula magus</i>		+					:				
<i>Hinia reticulata</i>	+	+					:				
<i>Hinia varicosa</i>	+				+		:				
<i>Hydrobia cornea</i>					+		:				
<i>Monodonta sp.</i>					+		:				
<i>Phyllonotus trunculus</i>	+				+		:				
<i>Philippia sp.</i>					+		:				
<i>Retusa truncatula</i>					+		:				
<i>Rissoa sp.</i>			+		+	+	:				
<i>Tornus subcarinatus</i>			+				:				
<i>Tricolia sp.</i>			+		+	+	:				
<i>Triphora perversa</i>						+	:				
<i>Turboella marginata</i>						+	:				
<i>Turbonilla sp.</i>					+		:				
<i>Turbonilla rufa</i>					+		:				
<i>Turritella communis</i>	+		+				:				
<i>Dentalium inaequicostatum</i>	+				+		:				
<i>Abra sp.</i>	+						:				
<i>Abra ovata</i>			+			+	:				
<i>Acanthocardia sp.</i>					+		:				
<i>Cerastoderma glaucum</i>			+		+		:			+	
<i>Chamelea gallina</i>	+	+	+		+	+	:				
<i>Chlamys glabra</i>	+				+	+	:				
<i>Chlamys varia</i>					+		:				
<i>Corbula gibba</i>	+		+		+	+	:				
<i>Donax semistriatus</i>	+				+		:				
<i>Dosinia exoleta</i>			+		+	+	:				
<i>Dosinia lupinus</i>		+					:				
<i>Fustiaria rubescens</i>					+		:				
<i>Gastrana fragilis</i>					+	+	:				
<i>Glossus humanus</i>					+		:				
<i>Glycymeris sp.</i>	+				+		:				
<i>Hiatella arctica</i>						+	:				
<i>Lentidium mediterraneum</i>	+				+		:				
<i>Loripes lacteus</i>	+		+		+		:			+	
<i>Lucinella divaricata</i>	+				+		:				
<i>Mactra corallina</i>						+	:				
<i>Mysella bidentata</i>			+			+	:				
<i>Mytilaster lineatus</i>			+		+		:				
<i>Nucula nucleus</i>	+		+		+	+	:				
<i>Nuculana pella</i>	+				+	+	:				
<i>Ostrea edulis</i>							:			+	
<i>Parvicardium exiguum</i>					+	+	:				
<i>Pholas dactylus</i>						+	:				

segue Tabella III

Table III cont'd

SONDAGGIO	S9							S8			
	1.00	1.45	2.50	3.40	4.60	9.90	:	2.80	5.55	5.90	6.20
Intervallo di profondità (m)	1.10	1.48	2.60	3.50	4.70	10.10	:	2.86	5.60	5.98	6.24
<i>Plagiocardium papillosum</i>	+		+			+	:				
<i>Pitar rude</i>	+					+	:				
<i>Rudicardium tuberculatum</i>						+	:				
<i>Solen marginatus</i>	+		+		+	+	:				
<i>Spisula subtruncata</i>					+	+	:				
<i>Tellina distorta</i>	+		+		+		:				
<i>Tellina nitida</i>					+		:				
<i>Tellina serrata</i>	+					+	:				
<i>Venerupis aurea</i>							:			+	
MICROFAUNA							:				
<i>Ammonia beccari</i>	+	+	+	+	+		:	+	+	+	+
<i>Ammonia tepida</i>			+			+	:				
<i>Elphidium sp.</i>			+		+		:				
<i>Nonium granosum</i>							:	+			
<i>Quinqueloculina sp.</i>							:			+	
<i>Quinqueloculina seminulum</i>		+			+		:		+		
<i>Quinqueloculina vulgaris</i>							:				+
<i>Candona neglecta</i>							:		+		
<i>Carinocythereis antiquata</i>							:	+			
<i>Cyprideis torosa</i>			+		+	+	:	+		+	
<i>Cytherea subradiosa</i>	+				+		:				
<i>Cytherea neapolitana</i>			+				:				+
<i>Ilyocypris gibba</i>							:		+		
<i>Leptocythere lagunae</i>							:				
<i>Loxochonca aff. L. rubritincta</i>			+				:				
<i>Loxochonca rhomboidea</i>						+	:				
<i>Microcytherura nigrescens</i>						+	:				
<i>Pontocythere turbida</i>	+	+	+		+		:	+			
<i>Semicytherura sulcata</i>						+	:	+	+		

Solo nella fase di progradazione deltizia i depositi sabbiosi dell'area presentano i caratteri propri delle alluvioni tilaventine, mentre prima testimoniano una provenienza dal sistema isontino (Isonzo-Natisone-Torre). In altri termini, l'evoluzione dell'area è stata determinata da una diversione fluviale che ha fatto migrare più ad Est il PaleoTagliamento.

#### 4. ANALISI DEI SONDAGGI S9, S8 E S2

Nelle Tabelle II, III e IV vengono riportati rispettivamente i risultati delle indagini mineralogiche, paleoecologiche e radiometriche, relative ai sondaggi S9, S8 e S2. Nella Fig. 2 sono illustrate le carote del sondaggio S9 con a fianco la lunghezza parziale e, in testa, la profondità relativa riferita al piano campagna.

##### 4.1 Sondaggio S9

Il primo intervallo analizzato (dal p.c. a 2,45 m di profondità)<sup>(2)</sup> presenta i caratteri di un ambiente litorale e

(2) Tutte le misure citate si riferiscono alla profondità dal piano campagna.

più precisamente di spiaggia emersa che passa gradualmente, in basso, a spiaggia intertidale e sottomarina. In generale, l'intervallo caratterizzato dalla presenza di sabbie (fini e medio fini) e da un orizzonte con abbondante tritume conchigliare (Tab. III), che indica uno spiaggiamento delle forme bentoniche appartenenti a tutte le biocenosi presenti attualmente nel Golfo di Trieste (Orel & Vio, 1985; Orel et al., 1987). A 1,50 m di profondità è presente un'associazione bentonica corrispondente ad una biocenosi litorale compresa tra i -2 e -7 m di profondità (Vio E., comunicazione personale).

Attraverso un contatto netto ed irregolare, ubicato a 2,45 m, si passa, fino a 4,25 m, a un ambiente di transizione di tipo lagunare, contraddistinto da sabbie pelitiche scure intercalate da sostanza organica al tetto e da pelite con *Bittium reticulatum* al letto. Quest'ultimo indica un ambiente di acque basse (tra -2 e -7 m di profondità), colonizzato da fanerogame o alghe. In particolare, l'aumento progressivo della granulometria dei sedimenti, dal letto al tetto, con tutta probabilità testimonia un graduale passaggio da aree più interne dell'ambiente lagunare, ad aree più prossime alle bocche o ai cordoni litorali.

A partire da 4,25 m fino a 10,10 m, si rinviene un

corpo sabbioso-organogeno di colore grigio, con ciottoli di fango. L'aspetto generale dell'intervallo caotico, senza strutture sedimentarie evidenti, con polimodalità granulometrica (da ciottoli di fango a pelite) e abbondante tritume conchigliare; in questo si rinvennero specie francamente lagunari (*Cerastoderma*, *Venerupis*, *Abra* ecc.), mescolate a specie di ambiente litorale

(*Nucula*, *Nuculana*, *Chamelea*, *Solen* ecc.). Ciò consente di collocare questi depositi nell'ambito di un ambiente lagunare in un'area prossima ad una bocca. La presenza di ciottoli di fango sta ad indicare una erosione di zone barenose e il successivo trasporto e abbandono del materiale lungo canali.

Dalla profondità di 10,10 m fino a 17,20 m, dopo un

Tabella IV - Età radiometrica ( $^{14}\text{C}$ ) dei campioni analizzati nel sondaggio S9  
Radiometric ( $^{14}\text{C}$ ) age of samples taken in boring S9

Sigla campione	Profondità di prelievo (m)	Materiale analizzato	$^{13}\text{C}$	Età $^{14}\text{C}$
Sp 2	1,05 dal p.c.	conchiglie spiaggiate	-0,90 PBD	2.300 ± 105 B.P.
Sp 3	2,60 dal p.c.	<i>Cerastoderma glaucum</i>	-1,50 PBD	1.400 ± 290 B.P.
Sp 6	5,76 dal p.c.	materiale organico	/	3.660 ± 290 B.P.
Sp 10	10,05 dal p.c.	<i>Cerastoderma glaucum</i>	-0.95 PBD	5.540 ± 225 B.P.
Sp 23	22,00 dal p.c.	torba	/	20.200 ± 720 B.P.

contatto netto e ondulato, si rinvennero episodi di sedimentazione pelitica di colore grigio scuro, intercalati da sedimenti sabbiosi di colore rossiccio, entrambi sterili. Molto probabilmente l'ambiente è continentale (e ciò per analogia con altri depositi precedentemente analizzati), di piana inondabile, eroso e troncato alla profondità di 10,10 m da una trasgressione marina che ha determinato la messa in posto dei depositi lagunari precedentemente descritti. L'analisi mineralogica eseguita sulla frazione sabbiosa dei sedimenti (Tab. II), mette in risalto un'elevata presenza di picotite con bassi tenori di granato, e quindi, un'appartenenza dei depositi all'area di influenza isontina.

Da 17,20 a 22,00 m si riconosce un ambiente nuovamente di transizione, più deltizio che litorale, definito da sabbie e sabbie pelitiche rossastre inglobanti ciottoli di fango e di torba, inclusi pelitici con tritume conchigliare, assieme a peliti grigio-chiare e rossastre. Ad eccezione del tritume conchigliare sopra riportato, l'intervallo è sterile.

Da 22,00 a 23,00 m (fine sondaggio), si incontra una sequenza di termini pelitici che passano gradualmente a torba compatta; la pelite si presenta laminata con sottili straterelli di materiale torboso. L'ambiente di sedimentazione è ascrivibile ad uno stagno o una palude poco profonda in una piana alluvionale.

Sotto un profilo mineralogico, da 17,20 m alla fine del sondaggio, si registra una costante diminuzione del

tenore di picotite, mentre i tenori di granato rimangono più o meno costanti (Tab. II). Ciò induce a ritenere che nella piana alluvionale si attenua l'influenza del F. Isonzo, ma non aumenta simultaneamente quella del F. Tagliamento.

La torba basale ha un'età di 20.200 ± 720 anni B.P. (Tab. IV) e si è perciò formata durante l'ultima fase glaciale del Würm III. La base dei sedimenti di ambiente lagunare (10,05 m), risale invece a 5.540 ± 225 anni B.P. Si fa notare che la determinazione dell'età di formazione e di sviluppo dell'ambiente lagunare è stata controllata da più misurazioni di età radiometriche eseguite su materiale diverso (conchiglie sicuramente autoctone e livelli torbosi) in successione stratigrafica. I valori di  $^{13}\text{C}$  determinati nei campioni conchigliari confermano ulteriormente la bontà dell'età ricavata, oscillando da -0,90 a -1,50 P.B.D., quindi ben all'interno del campo di valori in equilibrio con l'ambiente di sedimentazione (+2 / -2 P.B.D.). Così da 5.540 ± 225 anni B.P. l'ambiente lagunare si mantiene, con episodi di sedimentazione organica datati 3.660 ± 290 anni B.P., fino a circa 1.400 anni B.P. (2,60 m), quando lascia il posto ad un ambiente litorale. Nei relativi sedimenti sono stati rinvenuti lamellibranchi spiaggiati, evidentemente rimaneggiati; la loro età radiometrica è infatti 2.300 anni ± 105 anni B.P. La formazione del cordone litorale di S. Andrea si ritiene pertanto avvenuta in epoca storica e, in particolare, tardo-romana. Segnalazioni archeologiche (DeGrassi & DeGrassi, 1957) darebbero conferma a questa età.



## 4.2 Sondaggio S8

Da 0 a 2,45 m si rinvengono peliti sabbiose grigioscure inglobanti ciottoli di fango, noduli calcarei friabili e tritume conchigliare, distribuiti in maniera abbastanza caotica. Le peliti sabbiose sono associate a faune (soprattutto microfaune) tipiche di ambiente lagunare (*Ammonia tepida* - *Nonium granosum*). Alla base dell'intervallo sono presenti strutture sedimentarie tipo *flute-casts*, che stanno a testimoniare la presenza di correnti al fondo. Tutte queste caratteristiche fanno ritenere che l'ambiente di deposizione sia lagunare, probabilmente una piana di marea passante gradualmente, verso il basso, ad una barena.

Da 2,45 a 4,85 m si rinvengono sabbie pelitiche grigie ricche di microfauna, ma poverissime di malacofauna, se si esclude la presenza di tritume conchigliare nella parte inferiore dell'orizzonte. Sono presenti strutture sedimentarie tipo *flaser*. L'ambiente di sedimentazione è assimilabile ad una piana di marea, che nella parte inferiore risente più marcatamente dell'influenza di una bocca lagunare.

Da 4,85 a 6,00 m si presentano sabbie, sabbie pelitiche e peliti sabbiose color grigio chiaro e grigio scuro, ricche di tritume conchigliare e caratterizzate dall'associazione macrofaunistica *Cerastoderma glaucum* - *Loripes lacteus*, che indica un ambiente lagunare. Le due specie citate sono infatti caratteristiche della biocenosi attuale delle "Sabbie Fangose di Moda Calma", ritrovabili appunto nelle lagune. All'interno di questo orizzonte (da 5,30 a 5,60 m) è presente uno strato pelitico grigio scuro, delimitato superiormente da un contatto disturbato e inferiormente da un limite netto e ondulato, che contiene una microfauna ad Ostracodi con *Candona neglecta* e *Ilyocypris gibba* (Tab. III) di acqua dolce o di debolissima salinità (Pugliese N., comunicazione personale). Ciò induce a ritenere che l'ambiente lagunare non si sia costituito in un'unica fase, ma con pulsazioni testimoniate da alternanze, o interfasi, di deposizioni continentali e lagunari.

Da 6,00 a 8,50 m si rinvengono peliti, sabbie pelitiche, peliti sabbiose e sabbie, da grigie, ad ocra, a beige, sterili al letto e con presenza di faune dulcicole al tetto. L'ambiente è ascrivibile ad una piana alluvionale.

Da 8,50 a 22,50 m si rinviene un ambiente continentale prossimo ad un delta, costituito da un complesso di sabbie medie e medio fini, grigie e beige, sabbia pelitica beige e grigia, sabbia media e medio grossolana grigio brunastra e pelite laminata grigia. L'intervallo è sterile, presenta ciottoli di fango e di ghiaia, ed è caratterizzato da un aumento del contenuto in picotite verso il basso, al quale corrisponde una diminuzione della percentuale di granato (Tab. II). Questi dati possono essere interpretati nel senso di un aumento dell'influenza del F. Isonzo man mano che aumenta la profondità.

Da 22,50 a 25,00 m (fine sondaggio) si riconoscono una serie di alternanze definite da livelli centimetrici di

pelite sabbiosa, sabbia, pelite molto sabbiosa e pelite intercalati da livelli torbosi compatti di colore nero. L'intervallo è sterile e manifesta un'origine continentale analoga a quella della parte basale del sondaggio S9.

## 4.3 Sondaggio S2

Si registra qui l'assenza dei caratteri marino-lagunari registrati nel sondaggio precedente (S8), nonché di quelli prettamente lagunari presenti nei sondaggi S9 e S8. In questo sondaggio, posto a circa 1,8 km dall'attuale margine lagunare interno, si rinvengono unicamente sedimenti continentali, influenzati marginalmente dalla vicinanza di un ambiente lagunare solamente a livello dell'attuale piano di campagna.

Nei primi metri (fino a 2,25 m) si riconoscono peliti torbose di colorazione grigio scuro, inglobanti noduli di selce e materiale vegetale (*Fragmiteti*), privi di micro e macrofauna (ambiente continentale di palude costiera).

Da 2,25 a 29,50 m (fine sondaggio), si incontra una serie di litotipi (da sabbie a ghiaie e a peliti compatte), testimonianti un'alternanza di sedimentazione sabbioso-pelitica in una piana alluvionale. Tale intervallo è interrotto, da 24,00 m a 26,00 m circa, da un episodio palustre; consiste, dall'alto verso il basso, in peliti e peliti torbose-torba, con colori che vanno dal grigio scuro al nero e con una microfauna caratterizzata da Ostracodi dulcicoli.

Per quanto attiene alla composizione mineralogica dei sedimenti sabbiosi l'influenza isontina diminuisce dal top fino a 13,50 m, per poi aumentare verso la base del sondaggio. Complementarmente, l'influenza tilaventina è massima a 13,50 m dal "top" e diminuisce progressivamente all'aumentare della profondità.

## 5. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I principali risultati emersi dallo studio dei sondaggi S9, S8 e S2 possono così essere schematizzati:

- il sottosuolo dell'area in esame è stato interessato da una trasgressione su una piana alluvionale, con alla base facies lagunare-litorali;
- l'ambiente lagunare si è formato circa 5.500 anni fa (età radiometrica senza correzione), 10 m al di sotto della sommità degli attuali depositi sabbiosi del cordone litorale;
- la configurazione attuale della laguna di Marano e la messa in posto del suo cordone litorale è stata raggiunta in epoca storica, probabilmente 1.400 anni fa;
- la piana alluvionale, sottostante ai depositi lagunari nei sondaggi S9 e S8, si è andata formando a partire da circa 20.300 anni fa con una prevalente sedimentazione sabbiosa interrotta da episodi di sedimentazione pelitico-torbosa;
- la composizione mineralogica delle sabbie di dipendenza isontina (sistema Isonzo-Natisone-Torre) e subordinatamente tilaventina (F. Tagliamento).

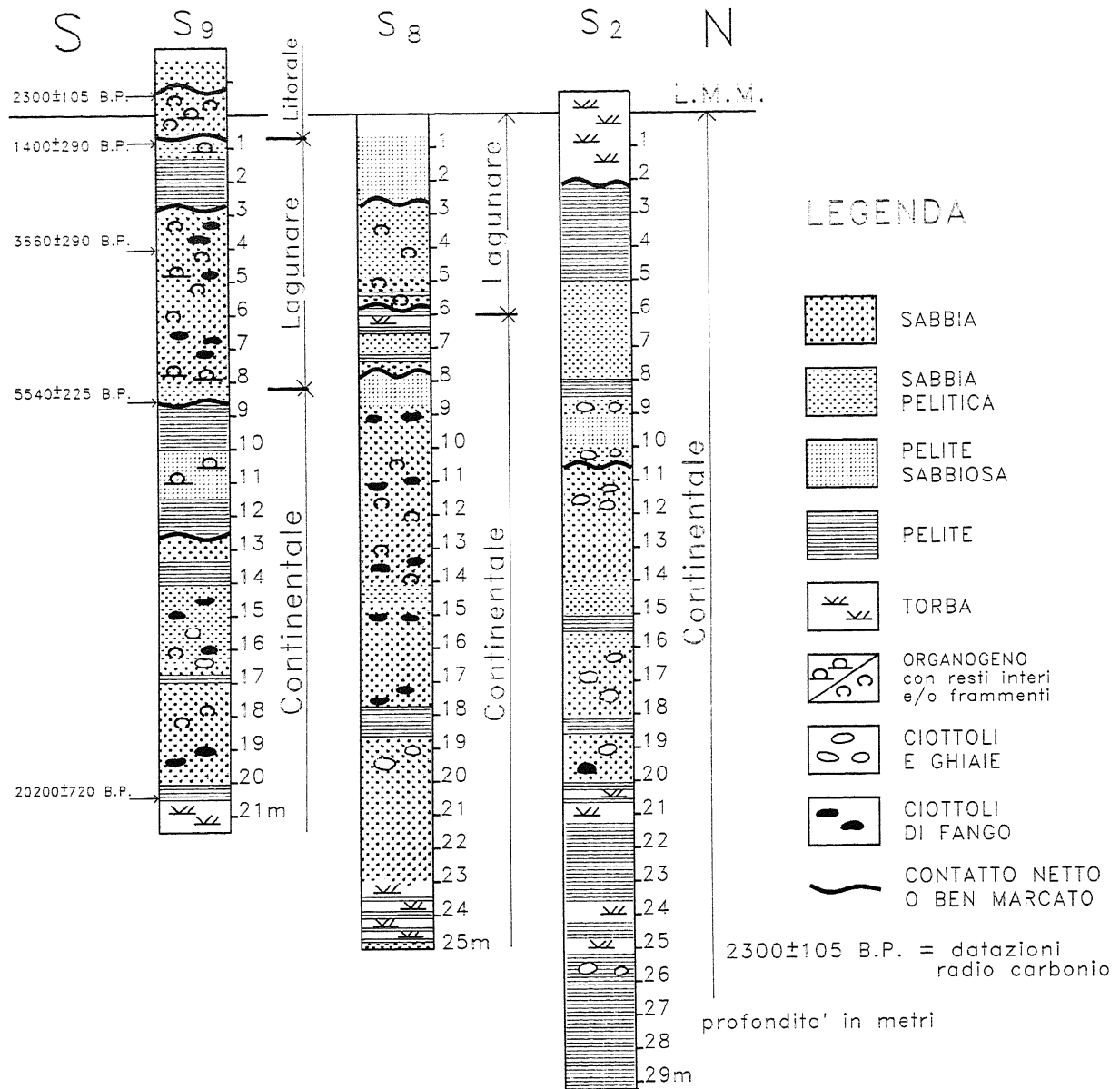


Fig. 3 - Stratigrafia dei sondaggi S9, S8 e S2  
Stratigraphy of borings S9, S8 and S2

Per quanto attiene alla ricostruzione del sottosuolo della laguna di Marano, i sedimenti di ambiente litorale sono stati rinvenuti nel solo sondaggio S9, e precisamente nel suo tratto più superficiale, per uno spessore complessivo di 2,45 m; quelli lagunari compaiono sia nel sondaggio S9 (da 2,45 a 10,10 m), sia nel sondaggio S8 (dalla sommità a 6,00 m dal p.c.).

I sedimenti continentali, ascrivibili essenzialmente ad un ambiente deposizionale di una piana alluvionale intersecata da un fiume meandriforme e soggetta a frequenti impaludamenti, si ritrovano al di sotto dei depositi lagunari, rispettivamente a profondità di 10,10 m (S9) e di 6,00 m (S8), mentre sono esclusivi nei sondaggi

S2 e S3.

Tra gli ambienti litorale e lagunare e tra quelli lagunare e continentale (Fig. 3), sono presenti contatti stratigrafici netti; nell'ambito di un ambiente si registrano per lo più contatti graduali tra subambienti contigui e, subordinatamente, contatti erosivi a carattere locale.

Va rimarcato il fatto che non si sono mai riscontrate formazioni pedologiche in senso stretto, che dovrebbero indicare l'emersione e la trasformazione esogena della coltre sedimentaria. E ciò contrariamente a quanto appurato una decina di km più ad Ovest, sul delta del F. Tagliamento (Marocco, in stampa), e su gran parte della laguna di Venezia (Matteotti, 1962; Gatto & Previatello,

1972; Bortolami et al., 1977). Ne consegue che la formazione di "caranto", almeno per la laguna di Marano e di Grado (Marocco et al., 1984; Marocco et al., in stampa), dove è stato rinvenuto solamente alle spalle dell'apparato deltizio tilaventino, assume carattere locale e non rappresenta un episodio generalizzabile all'intera area, come invece è stato appurato per la laguna di Venezia.

L'alluvionamento della paleopianura friulana è continuato con fasi alterne a partire dal Würm III fino all'Atlantico sup., all'estremità meridionale della laguna di Marano e, fino ai giorni nostri, alle spalle del suddetto ambiente.

Le alluvioni sono sabbiose, di granulometria medio-fine, ben classate e di colorazione ocra, e sporadicamente pelitiche. Sono, inoltre, presenti depositi torbosi, conseguenti a episodi di impaludamento della pianura. Analisi polliniche eseguite sulle torbe basali (circa 28 m dal p.c.) dei sondaggi ubicati sul delta del F. Tagliamento (Giovannelli et al., 1984), hanno evidenziato uno spettro simile a quello della formazione steppica a Graminacee, riconosciute nel sottosuolo della laguna di Venezia (Bortolami et al., 1977; *phase e*), di età variabile da 23.000 a 18.000 anni B.P., quindi in buon accordo con le torbe del sondaggio S9 datate 20.300 anni B.P. La presenza di orizzonti torbosi, a volte compattati da depositi sovrastanti, è un elemento ricorrente nel sottosuolo della bassa pianura friulana (Stefanini & Cucchi, 1977) e in Alto Adriatico (Colantoni et al., 1980; Stefanon, 1984). Questi orizzonti, comunque, presentano quasi sempre carattere discontinuo nell'ambito della piana alluvionale e difficilmente assumono i presupposti di veri e propri livelli guida del sottosuolo. A conferma di quanto detto, nella bassa pianura friulana torbe continentali sono state rinvenute a profondità variabili da 8 a 18 m dal p.c. (Marocco et al., in stampa) e a circa 30 m dal p.c. (Marocco, in stampa), con età radiocarbonio variabili da 20.200 e di 29.600 anni B.P. Anche per la bassa pianura friulana, così come per quella veneta (Bortolami et al., 1977), non si riconoscono orizzonti torbosi continentali a partire dal Tardiglaciale. Se si prendono in considerazione i dati radiometrici inerenti i depositi torbosi rinvenuti al di sotto della piattaforma continentale dell'Alto Adriatico (a Sud delle aree sopra discusse) si evince che questi depositi, di origine continentale, si sono formati 12.000, 18.000 e 20.000 anni B.P. (Colantoni et al., 1980) a profondità di circa 22,30 e 34,00 m dal l.m.m. Anche per questi ultimi depositi torbosi si registra l'impossibilità di una qualsiasi correlazione spazio-temporale, come sottolineato dai succitati Autori.

L'insieme di tutti i dati suggerisce che il collegamento fra eventi sincroni in un'area abbastanza ristretta, qual è quella fino ad ora indagata, risulta estremamente difficoltoso e ciò soprattutto per il carattere non sistematico della distribuzione areale di questi particolari ambienti e delle sue variazioni nel tempo.

La formazione della laguna di Marano viene datata

5.540 anni fa; un'età che non si discosta di molto da quella della paleolaguna di Caorle (formatasi in periodo Atlantico; Buurman, 1969) e della paleolaguna di Venezia (circa 4.350-4.150 anni B.P.; Bortolami et al., 1977). La laguna di Grado, invece, si è formata in epoca più recente (Marocco et al., in stampa) rispetto a quelle anzi viste. Va precisato comunque che in una determinata area l'instaurarsi di condizioni lagunari può anche non essere la conseguenza di un evento sincrono. E ciò soprattutto a livello locale.

Situazioni analoghe a quelle riscontrate nella laguna di Grado sono segnalate, ad esempio, nella laguna di Venezia (Alberotanza et al., 1977) a dimostrazione della bontà di questa tesi.

Se si traducono le età così ricavate in rateo di sedimentazione medio dell'ambiente lagunare, risulterebbero dei valori variabili da 1,4 a 2,3 mm/anno, molto prossimi a quelli calcolati per la laguna di Venezia (circa 1,3 mm/anno). In aree diverse, ad esempio Olanda ed U.S.A., le lagune rispettivamente del Eastern Scheldt (Oenema & DeLaune, 1988) e del Great Sound, New Jersey (Ashley & Grizzle, 1988) prospettano valori che, pur variando da punto a punto nell'ambiente tidale, sono compresi tra i 4-15 mm/anno e i 0,5-5,4 mm/anno.

A conclusione di queste considerazioni sull'ambiente lagunare di Marano va rimarcato che, sulla base di un esame complessivo dei risultati raggiunti nella presente nota e nei lavori precedenti, non sussistono elementi che evidenziano la presenza di una linea di riva di età versiliana alle spalle dell'attuale laguna (Comel, 1954; Segre, 1969; Brambati, 1969 e nei lavori successivi). La posizione del margine settentrionale della laguna, a meno di lievi spostamenti determinati da intense opere di bonifica negli ultimi secoli, deve considerarsi la più settentrionale, almeno a partire dal Würm III ad oggi.

Venendo ora ai depositi litorali, è risultato che sono relegati all'attuale cordone della laguna di Marano e che si sono depositati in epoca storica. I caratteri tessiturati di questi sedimenti, nonché le associazioni bentoniche in essi contenute, evidenziano una mini-sequenza regressiva con depositi di spiaggia sottomarina alla base, quindi depositi di spiaggia intertidale ed emersa alla sommità (situazione attuale). Al di là di queste lievi progradazioni della linea di battigia, legate probabilmente al raccordo del cordone litorale con il progradante delta del Fiume Tagliamento, va rimarcata la composizione mineralogica di questi sedimenti, con elevati tenori di carbonati e la prevalenza della calcite sulla dolomite (Brambati & Venzo, 1967) e, tra i minerali pesanti, della picotite sul granato (Gazzi et al., 1973). L'area di provenienza di questi materiali è stata individuata negli apporti del F. Isonzo e in particolare in quelli del sistema fluviale Isonzo-Natisone-Torre (Autori citati).

Ammettendo che l'attuale composizione mineralogica degli apporti sabbiosi del fiume Isonzo (prevalenza picotite) e del Tagliamento (prevalenza granato) non si

sia modificata sostanzialmente a partire dall'ultimo glaciale, bisognerebbe dedurre che i terreni attraversati dai tre sondaggi della laguna di Marano, così come quelli della laguna di Grado ad Est e dei terreni immediatamente sottostanti il delta del F. Tagliamento, siano derivati prevalentemente dall'apporto terrigeno del Paleo Isonzo. Ciò starebbe ad avvalorare quanto detto nei lavori precedenti e cioè che il F. Tagliamento è gravitato solo recentemente nell'area in esame, mentre precedentemente poneva foce in un'area imprecisata dell'Alto Adriatico, ad Ovest dell'area in studio.

Al momento non si conoscono i motivi di questa diversione fluviale. L'ipotesi più probabile sembra essere quella di un cambiamento di gradiente della bassa pianura friulana legato, più che a subsidenza, a neotettonica.

### RINGRAZIAMENTI

Ricerca eseguita nell'ambito del programma M.P.I. 60% "Ambienti umidi italiani" diretto da A. Brambati. Si ringraziano i proff. A. Brambati, C. Pirini Radrizzani e F. Vaia per la lettura critica del manoscritto e i colleghi dell'Istituto di Geologia G. Lenardon, N. Pugliese e E. Vio del Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste, per avermi fornito rispettivamente i dati mineralogici, microfaunistici (Ostracofaune) e malacologici. Un sentito ringraziamento va al dott. A. Tentor che mi ha assistito in questa ricerca.

### BIBLIOGRAFIA

- Alberotanza L., Serandrei Barbero R. & Favero V. (1977) - *I sedimenti della laguna di Venezia (Bacino settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **96**, 243-269, Roma.
- Ashley G.M. & Grizzle R.E. (1988) - *Interactions between hydrodynamics, benthos and sedimentation in a tide - dominated coastal lagoon*. Marine Geol., **82**, 61-81, Amsterdam.
- Bortolami G.S., Fontes J. CH., Markagraf V. & Saliège J.F. (1977) - *Land, sea and climate in the Northern Adriatic Region during late Pleistocene and Holocene*. Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleocol., **21**, 139-156, Amsterdam.
- Brambati A. (1969) - *Sedimentazione recente nella laguna di Marano e di Grado (Adriatico settentrionale)*. St. Trent. Sc. Nat., **46**, 142-239, Trento.
- Brambati A. (1970) - *Provenienza, trasporto e accumulo dei sedimenti recenti nella laguna di Marano e Grado e nei litorali fra i fiumi Isonzo e Tagliamento*. Mem. Soc. Geol. It., **9**, 281-329, Roma.
- Brambati A. (1985) - *Modificazioni costiere nell'arco lagunare dell'Adriatico settentrionale*. Ant. Alto Adriatiche, XXVII - Studi Jesolani, 13-47, Jesolo.
- Brambati A. & Venzo G.A. (1969) - *Recent sedimentation in the Northern Adriatic Sea between Venice and Trieste*. St. Trent. Sc. Nat., sez. A, **44**, 202-274, Trento.
- Buurman P. (1969) - *Pollen analysis of Holocene and Pleistocene sediments in the neighbourhood of Portogruaro (Venezia) - Italy*. Mem. Biogeogr. Adriat., **8**, 41-52, Roma.
- Colantoni P., Fanzutti G.P. & Marocco R. (1985) - *Geologia della piattaforma adriatica*. P.F. Oceanogr. Fondi Mar., 49-85, Roma.
- Colantoni P., Gallignani P. & Lenaz R. (1980) - *La piattaforma continentale dell'Alto Adriatico dalla foce del Reno a Venezia: evoluzione ed ambienti di sedimentazione tardo Pleistocenici ed Olocenici*. In: Colantoni P. & Gallignani P. - *Ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico* C.N.R., P.F. Oceanogr. Fondi Mar., Quaderno 2, 11-28, Roma.
- Comel A. (1954) - *Monografia sui terreni della pianura friulana*. Nuov. Ann., 5, Ist. Chim. Agr. Sper. di Gorizia, 168 pp., Gorizia.
- DeGrassi P. & DeGrassi V. (1957) - *Memoria sulle variazioni morfologiche dei litorali della laguna di Grado*. Az. Aut. Sogg., 54 pp., Grado.
- Gatto P. & Previatello P. (1974) - *Significato stratigrafico, comportamento meccanico e distribuzione nella laguna di Venezia di un'argilla sovraconsolidata nota come "caranto"*. CNR - Lab. Stud. Din. Gran. Mas., T.R. **70**, 45 pp, Venezia.
- Gazzi P. (1966) - *Sulla determinazione macroscopica della composizione mineralogica e granulometrica delle rocce, in particolare delle arenarie e delle sabbie*. Min. Petr. Acta, **12**, 61-68, Bologna.
- Gazzi P., Zuffa G.G., Gandolfi G. & Paganelli L. (1973) - *Provenienza e dispersione litoranea della sabbia delle spiagge adriatiche tra le foci dell'Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale*. Mem. Soc. Geol. It., **12**, 1-37, Roma.
- Giovannelli M.M., Rizzi Longo L., Stolfa D. & Zucchi Stolfa M.L. (1985) - *Considerazioni paleoecologiche sui sondaggi S19 - Lignano e S20 - Bevazzana (Delta del Fiume Tagliamento)*. Gortania, Atti Mus. Friul. St. Nat., **7**, 87-112, Udine.
- Marocco R. (in stampa) - *Considerazioni sedimentologiche sui sondaggi S19 e S20 (Delta del Fiume Tagliamento)*. Gortania, Atti Mus. Friul. Sc. Nat., Udine.
- Marocco R., Pugliese N. & Stolfa D. (1984) - *Some remarks on the origin and evolution of the Grado Lagoon (Northern Adriatic Sea)*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., **1**, 11-17, Trieste.
- Marocco R., Stolfa D., Zucchi Stolfa M.L. & Lenardon G. (in stampa) - *Considerazioni sedimentologiche, paleoecologiche e geochimiche sul sondaggio S15 (Canale di Morgo - Laguna di Grado)*. Gortania, Atti Mus. Friul. Sc. Nat., Udine.

- Matteotti G. (1962) - *Sulle caratteristiche dell'argilla pre-compressa esistente nel sottosuolo di Venezia-Marghera*. Not. Ord. Ing. Prov. Pd., 6, 12 pp., Padova.
- Nota D.J.G. (1958) - *Sediments of Western Guiana shelf*. Thesis, Medadel. Landbouwhogeschool, Wageningen, 98 pp.
- Oenema O. & DeLaune D.R. (1988) - *Accretion Rates in Salt Marshes in the Eastern Scheldt, south-west Netherlands*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 26, 379-394, Londra.
- Orel G. & Vio E. (1985) - *Gli animali della spiaggia, dei fondi marini antistanti e della Laguna*. In: *Raccontare Lignano*, C. Angelico Benvenuto, 97-109.
- Orel G., Marocco R., Vio E., Del Piero D. & Della Seta G. (1987) - *Sedimenti e biocenosi bentoniche tra la foce del Po ed il Golfo di Trieste (Alto Adriatico)*. Bull. Ecol., 2, 229-241, Parigi.
- Previatello P. (1970) - *Caratteristiche geotecniche di una argilla sovraconsolidata dell'Adige*. Ist. Costr. Maritt. Univ. Padova. Scritti in onore del Prof. Guido Ferro, 147-164, Padova.
- Segre A.G. (1969) - *Linee di riva sommerse e morfologia della piattaforma continentale italiana relativa alla trasgressione marina versiliana*. Quaternaria, 9, 1-14, Roma.
- Stefanini S. & Cucchi F. (1977) - *Gli acquiferi nel sottosuolo della provincia di Udine (Friuli-Venezia Giulia)*. Quaderni Ist. Ric. sulle Acque, 34, 131-147, Roma.
- Stefanon A. (1984) - *Sedimentologia del mare Adriatico : rapporti tra erosione e sedimentazione olocenica*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 4, 281-324, Trieste.
- Stolfa Zucchi M.L. (1971) - *Gasteropodi recenti dell'Adriatico Settentrionale tra Venezia e Trieste*. Mem. Mus. Trid. Sc. Nat., 18, n. 3, 1-27, Trento.
- Stolfa Zucchi M.L. (1972) - *Lamellibranchi recenti dell'Adriatico Settentrionale tra Venezia e Trieste*. Mem. Mus. Trid. Sc. Nat., 19, n. 1, 123-243, Trento.
- Zucchi Stolfa M.L. (1976) - *Gasteropodi recenti delle lagune di Grado e Marano*. Atti Soc. It. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat., Milano 118, n. 2, 144-164, Milano.
- Zucchi Stolfa M.L. (1979) - *Lamellibranchi recenti delle lagune di Grado e Marano*. Gortania - Atti Mus. Friul. Sc. Nat., Udine, 1, 41-60, Udine.
- Zucchi Stolfa M.L. & Topazzini C. (1976) - *Dati paleoecologici preliminari dedotti dalla malacofauna del sondaggio S12 (Adriatico Settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 5, 981-990, Roma.

Accettato per la stampa l'8.6.1989