

GORTANIA - Atti Museo Friul. Storia Nat.	7('85)	87-112	Udine, 31.XII.1986	ISSN: 0391-5859
--	--------	--------	--------------------	-----------------

M.M. GIOVANNELLI, L. RIZZI LONGO, D. STOLFA, M.L. ZUCCHI STOLFA

CONSIDERAZIONI PALEOECOLOGICHE SUI SONDAGGI S19 - LIGNANO E S20 - BEVAZZANA (DELTA DEL FIUME TAGLIAMENTO)*

PALEOECOLOGICAL CONSIDERATIONS ON THE BORINGS S19 - LIGNANO AND S20 - BEVAZZANA (RIVER TAGLIAMENTO MOUTH)

Riassunto breve — In questo lavoro sono stati esaminati complessivamente 49 campioni relativi ai due sondaggi S19 ed S20, ubicati nell'area di delta del F. Tagliamento. I dati sono stati forniti essenzialmente dallo studio delle associazioni faunistiche, in particolare dalle malacofaune, dalle analisi sporo-polliniche di due livelli torbosi posti alla base delle due carote e da quelle geochimiche e hanno permesso delle considerazioni paleoecologiche che ipotizzano per quest'area il succedersi nel tempo di facies diverse.

Parole chiave: Paleoecologia, Attuale, Sondaggi, Adriatico settentrionale.

Abstract — *This work concerns the results of the study of 49 samples pertaining to the borings S19 and S20, drawn at the mouths of the river Tagliamento (Northern Adriatic sea). The data, obtained in the study of the malacofauna and the other faunistic associations, in the spore-pollinic analysis of two peaty levels, situated at the base of the cores, and in the geochemical research, point out as paleoecological results for this delta area the succession in the time of different facies.*

Key words: *Paleoecology, Recent, Borings, Northern Adriatic.*

Premessa

Mentre esistono dati riguardanti la conoscenza del sottosuolo della Pianura Friulana e delle aree lagunari ad essa adiacenti (FERUGLIO, 1936; LIPPARINI, 1936;

* Lavoro eseguito con il contributo M.P.I. 40% (S.C.M.) coordinatore locale M.L. ZUCCHI STOLFA.

MARTINIS, 1953-57; MASOLI & ZUCCHI, 1968; BURNON, 1969; STOLFA ZUCCHI & TOPAZZINI, 1977; MAROCCO, PUGLIESE & STOLFA, 1983), sempre molto scarsi, però, rispetto a quelli inerenti la Pianura Padana, del tutto inesistenti sono le conoscenze delle relative aree deltizie: per questo motivo sono stati scelti, per il presente lavoro, due sondaggi ⁽¹⁾ ubicati in area di delta del F. Tagliamento (fig. 1).

Le considerazioni paleoecologiche sono basate essenzialmente sulle malacofaune reperite e, subordinatamente, sulle restanti associazioni faunistiche. Ulteriori elementi sono stati dedotti dai dati forniti dalle analisi sporo-polliniche e da quelle geochimiche.

I dati sedimentologici, inerenti l'area in questione, saranno oggetto di un lavoro attualmente in corso di stesura (BRAMBATI et al.).

Metodologie

Paleontologia

Tutti i campioni sono stati pesati all'atto del prelievo e per ciascuno è stato calcolato il volume; sono stati quindi trattati con H_2O_2 a 120 volumi e poi lavati in setacci da 50 maglie/cm² e 6400 maglie/cm². Le due frazioni sono state esaminate al microscopio e si è proceduto alla determinazione. L'ordine sistematico seguito è quello proposto da WENZ (ristampa 1961) per i Prosobranchi e quello proposto da THIELE (ristampa 1963) per gli Opistobranchi; per i Bivalvi è stato usato il MOORE (1969).

Analisi sporo-polliniche

I campioni, prelevati dai livelli torbosi presenti alla base dei due sondaggi, trattati con KOH a caldo e HF, sono stati acetolizzati e conservati in acqua glicerinata per l'analisi pollinica. La determinazione dei pollini e delle spore è stata effettuata secondo i testi di ERDTMAN (1943), FAEGRI & IVERSEN (1964), ERDTMAN, BERGLUND & PRAGLOWSKI (1961) e per confronto con materiale fresco acetolizzato (ERDTMAN, 1969).

1) Eseguito con il contributo finanziario del C.N.R., Progetto Speciale per l'Oceanografia.

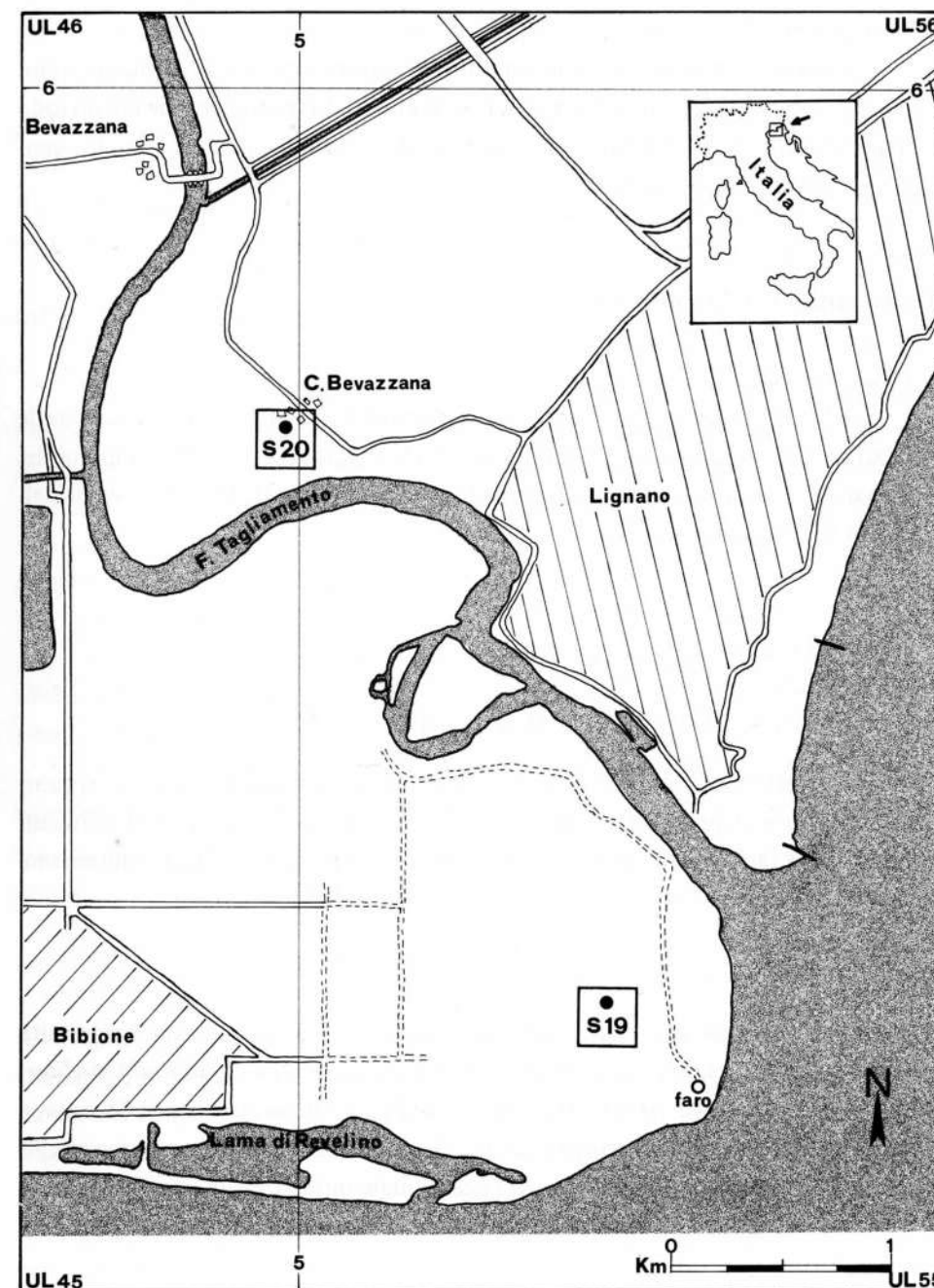


Fig. 1 - Ubicazione dei due sondaggi esaminati.
- Location of the two examined borings.

Analisi geochimica

L'indagine geochimica è stata condotta mediante osservazioni al microscopio, prove di combustione, prove microchimiche ed analisi diffrattometriche col metodo delle polveri di Debye - Scherrer e della camera di Gandolfi sui vari materiali, separati, oggetto di questo studio.

Analisi critica dei dati ottenuti

1. Paleontologia

Tutti i dati quantitativi inerenti le associazioni faunistiche e, in particolare le malacofaune⁽²⁾, rinvenute nei 25 campioni del sondaggio S19 e nei 24 campioni del sondaggio S20, sono riportati rispettivamente nelle tabelle I, II, III e IV assieme agli intervalli di campionatura.

A) S19 - Lignano

Intervallo da m —29.40 a m —24.55

Sono stati esaminati 3 campioni il cui contenuto faunistico risulta costituito esclusivamente da Gasteropodi e da Ostracodi dulcicoli; sono presenti inoltre fustoli carboniosi. La facies risulta quindi quella di uno stagno continentale, assolutamente privo di influenze marine e fluviali.

Intervallo da m —24.55 a m —23.40

In questo intervallo è stato esaminato un campione la cui fauna è costituita da Gasteropodi e da Ostracodi dulcicoli; sono presenti, inoltre, *Lentidium mediterraneum*, *Ammonia beccarii*, Miliolidi, radioli di Echinodermi, oogoni di Characeae e fustoli carboniosi. Nell'insieme ci sembra di poter identificare questa facies con quella di uno stagno continentale sotto l'occasionale influenza fluviale determinata da violente mareggiate (ZUCCHI STOLFA et alii, 1984).

2) Gli esemplari indicati con sp. sono riferiti ad individui giovanili per i quali non si è potuto pervenire ad una attribuzione specifica ed a volte neppure generica.

Intervallo da m —23.40 a m —16.65

Sono stati esaminati 6 campioni e l'associazione risulta costituita da Gasteropodi ed Ostracodi dulcicoli, oogoni di Characeae e fustoli carboniosi. La facies è ancora di tipo continentale. Lo stagno tuttavia non sembra essere interessato da influenze fluviali legate a mareggiate particolarmente violente come nei livelli inferiori. I campioni risultati sterili potrebbero far pensare ad episodi subaerei.

Intervallo da m —16.65 a m —15.60

È stato esaminato un campione, privo di malacofauna, la cui associazione risulta costituita da Foraminiferi (*Ammonia*, *Lagena*, Miliolidi, ecc...), Ostracodi e radioli di Echinidi. Pur essendo una fauna piuttosto scarsa, riteniamo di poter ascrivere tale intervallo alla facies intertidale.

Intervallo da m —15.60 a m —14.75

È stato esaminato un campione e la malacofauna risulta caratterizzata da *Turritella communis*, *Retusa perstriata*, *Mysella bidentata* e *Corbula gibba* in associazione con Foraminiferi, Ostracodi, Echinidi e fustoli carboniosi.

Le elevate percentuali di *Turritella*, *Corbula* e *Mysella* fanno ascrivere questo intervallo ad una facies marina, considerevolmente influenzata da apporti continentali e caratterizzata da un'elevata energia di fondo posta a qualche chilometro di distanza da un apparato deltizio.

Intervallo da m —14.75 a m —8.50

Sono stati analizzati 7 campioni, le cui malacofaune, associate a Foraminiferi, Ostracodi, radioli di Echinidi, oogoni di Characeae e resti vegetali, indicano il perdurare nel tempo di una facies marina influenzata dalla vicinanza di apporti continentali, di entità variabile. Una maggior vicinanza dell'apparato deltizio, con conseguente maggior energia di fondo, è testimoniata dalle elevate percentuali di *Turritella communis* e di *Corbula gibba*, contrapposte a valori relativamente bassi di *Bitium reticulatum*. Diminuzioni batimetriche sono invece messe in luce dall'aumento di *Chamelea gallina* e di *Lentidium mediterraneum*, contrapposte ad una diminuzione di *Mysella bidentata* e *Nucula nucleus* nella parte più alta dell'intervallo.

Intervallo da m —8.50 a m —7.75

È stato esaminato un campione, che con la sua malacofauna caratterizzata da elevate percentuali di *Chamelea gallina* e *Lentidium mediterraneum* testimonia (VATOVA, 1963) una facies marina. L'assenza di *Turritella communis* e di *Corbula gibba* e la consistente presenza di *Bittium reticulatum* e *Peringia ulvae* indicano inoltre una diminuzione dell'energia di fondo rispetto all'intervallo precedente.

Intervallo da m —7.75 a m —4.45

Sono stati esaminati 3 campioni. Nel suo insieme questo tipo di malacofauna caratterizzata da *Lentidium mediterraneum*, *Chamelea gallina* e *Peringia ulvae*, associata a Foraminiferi ed Ostracodi, sembra essere ben paragonabile a quella riscontrata attualmente in una lama costiera, in una zona molto prossima ad un apparato deltizio e con modesta comunicazione marina (v. S2 in ZUCCHI STOLFA et alii, 1984).

Intervallo da m —4.45 a m —0.20

Sono stati esaminati 2 campioni. La malacofauna risulta caratterizzata da elevate percentuali di *Bittium reticulatum*, *Chamelea gallina* e *Lentidium mediterraneum* associate a rari Foraminiferi e fustoli cartoniosi. Riteniamo che ciò indichi una facies riconducibile a quella di una lama costiera in area di delta e priva di comunicazione marina (v. S1, campionatura 1978, ZUCCHI STOLFA et alii, 1984). La totale assenza, però, di *Peringia ulvae* nell'ultimo spezzone potrebbe dare a questo intervallo il significato di materiale deposto all'interno di un apparato deltizio.

B) S 2 0 - B e v a z z a n a

Intervallo da m —29.70 a m —11.90

Sono stati esaminati 15 campioni. L'associazione faunistica è costituita essenzialmente da Gasteropodi e da Ostracodi dulcicoli, si tratta quindi di biofacies attribuibili al dominio continentale, date da un alternarsi di depositi subaerei, sterili o quasi, con episodi subacquei, di entità variabile, testimoniati da maggior o minor sviluppo della fauna.

INTERVALLI DEL SONDAGGIO S 19	misure in metri																											
	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<i>Dentalium</i> sp.																												
<i>Chiton</i> sp.																												
Ostracodi dulcicoli																												
altri Ostracodi																												
<i>Ammonia beccarii</i>																												
<i>Lagena</i> sp.																												
<i>Elphidium</i> sp.																												
Miliolidi e altri Foraminiferi																												
Radoli di Echinidi																												
Spicole sil. e calc. di Poriferi																												
Spicole di Spongillidi																												
Briozoi																												
Vermi																												
Serpule																												
Resti di Artropodi																												
Resti di Pesci																												
Resti di vegetali																												
oospore di <i>Chara</i>																												
Fustoli carboniosi																												
Sostanze minerali significative:																												
pirite																												
gesso																												

x = presenza

Tab. II - Presenza di resti animali e vegetali e di sostanze minerali nei vari campioni del sondaggio S19.
- Presence of animal and vegetable remains and mineral substances in the varied samples of the boring S19.

INTERVALLI DEL SONDAGGIO S 20

misure in metri

	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.20
<i>Dentalium</i> sp.																		x	x	x	x	x	x						
<i>Chiton</i> sp.																													
Ostracodi dulcicoli																													
altri Ostracodi																													
<i>Ammonia beccarii</i>																													
<i>Lagena</i> sp.																													
<i>Elphidium</i> sp.																													
Milioliti e altri Foraminiferi																													
Radioli di Echinidi																													
Spicole sil. e calc. di Poriferi																													
Spicole di Spongillidi																													
Briozoi																													
Vermi																													
Serpule																													
Resti di Artropodi																													
Resti di Pesci																													
Resti di vegetali*																													
oospore di <i>Chara</i>																													
Fustoli carboniosi																													

x = presenza (forme attuali)

X = presenza (forme eoceniche)

X = presenza (forme mioceniche)

rimaneggiato dovuto a trasporto fluviale

x = presenza (forme attuali)

⊗ = presenza (forme eoceniche)

⊗ = presenza (forme mioceniche)

} rimaneggiato dovuto a trasporto fluviale

* = Sono stati individuati e determinati anche muschi e semi, dei quali però non si è ritenuto necessario fare un elenco.

Tab. III - Presenza di resti animali e vegetali nei vari campioni del sondaggio S20.
- Presence of animal and vegetable remains in the varied samples of the boring S20.

Durante l'intervallo (da m —17.60 a m —13.05) si fa sentire, talvolta in modo considerevole, l'influenza di episodi di piena di un corso d'acqua, probabilmente il F. Tagliamento, influenza provata dal rinvenimento di fossili, sia planctonici che bentonici rimaneggiati, provenienti da formazioni più antiche affioranti nella piana friulana. La presenza di alcuni frammenti di *Lentidium mediterraneum* (campione da m —26.65 a m —26.45) è da intendersi legata all'azione di un tributario prossimo in corrispondenza di una violenta mareggiata (ZUCCHI STOLFA et alii, 1984).

Intervallo da m —11.90 a m —9.50

Sono stati esaminati 2 campioni. L'associazione, piuttosto scarsa, risulta costituita da frammenti di *Bittium reticulatum*, *Dentalium* sp., radioli di Echinidi, spicole di Poriferi, Foraminiferi, Ostracodi, vertebre di pesci e resti di vegetali. Per quanto riguarda la biofacies, riteniamo che essa rappresenti un popolamento riferibile ad un episodio intertidale.

Intervallo da m —9.50 a m —5.90

Sono stati esaminati 3 campioni. La malacofauna, ben rappresentata, può essere definita a *Peringia ulvae*, *Bittium reticulatum* e, subordinatamente, a *Gibbula adansonii* per i Gasteropodi; a *Chamelea gallina*, *Lentidium mediterraneum*, *Abra tenuis* e, subordinatamente, a *Cerastoderma edule* e *Loripes lacteus* per i Bivalvi. Nell'insieme questo tipo di associazione ci sembra ben paragonabile a quello riscontrato attualmente nella Lama di Revelino (ZUCCHI STOLFA et alii, 1984), cioè in una lama di discrete proporzioni, in posizione laterale rispetto l'apparato deltizio vero e proprio e i cui punti di campionatura vengono a trovarsi, dal basso all'alto, progressivamente in posizioni più prossime al canale che mette in comunicazione la lama al mare. In questa situazione si verifica una variazione delle percentuali di *Bittium reticulatum* nei confronti di *Peringia ulvae* e un aumento di *Lentidium mediterraneum*.

Intervallo da m —5.90 a m —3.50

Sono stati esaminati 2 campioni. La malacofauna, anche quantitativamente diminuita rispetto l'intervallo precedente, assume un carattere di più spiccata oligotipia e può essere definita a *Peringia ulvae*, *Bittium reticulatum*, *Lentidium mediterraneum*, *Chamelea gallina* e *Abra tenuis*. Tenendo conto anche del resto dell'asso-

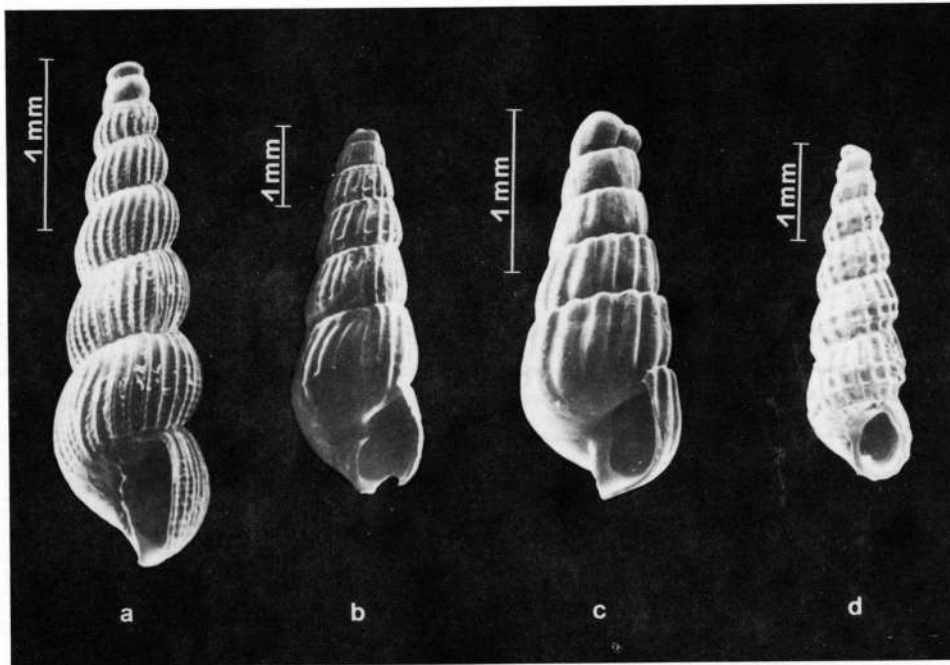


Fig. 2 - a) *Aclis* sp.; b) *Chrysallida* (*Parthenina*) *delpretei* (SULLIOTI); c) *Turbonilla* (*Pyrgiscus*) aff. *T. (P.) densecostata* (PHILIPPI); d) *Turbonilla* (*Tragula*) *fenestrata* (FORBES).

ciazione, costituita da rari Foraminiferi, Ostracodi, spicole di Silicospongie e radioli di Echinidi, riteniamo di poter comparare la biofacies di questo intervallo con l'associazione faunistica riscontrata attualmente in una lama di proporzioni limitate, posta in area prossima ad un delta e con una modesta comunicazione marina (v. S2 ZUCCHI STOLFA et alii, 1984).

Intervallo da m —3.50 a m —1.28

Sono stati esaminati 2 campioni. In questo intervallo si esaspera la situazione riscontrata per l'intervallo precedente: ulteriore impoverimento in senso quantitativo e più spiccata oligotipia della malacofauna definibile a *Peringia ulvae*, *Chamelea gallina* ed *Abra tenuis*, associata a rari Foraminiferi ed Ostracodi. Questa associazione risulta molto simile a quella riscontrata in un piccolo stagno costiero, privo di comunicazioni con il mare. In occasione di mareggiate questo stagno sembra risentire dell'influenze fluviali, essendo posto in prossimità di un delta. La sua salinità, inoltre, seppur debole, ha inibito l'instaurarsi di una fauna dulcicola (v. S1 ZUCCHI STOLFA et alii, 1984).

2. Palinologia

I dati dell'analisi sporo-pollinica relativi ai livelli torbosi campionati da —28,80 a —28,90 m (S19 - Lignano) e da —28,30 a —28,40 m (S20 - Bevazzana) sono riportati in valori percentuali rispettivamente nelle figg. 3a e 3b.

I due livelli torbosi, che caratterizzano la base dell'episodio continentale comune ai due sondaggi, denotano una notevole assomiglianza nello spettro pollinico, in base alla superiorità quantitativa delle specie erbacee (Cyperaceae, Graminaceae, *Artemisia*), rispetto a quelle arboree, alla predominanza di *Pinus* tipo *sylvestris*, all'assenza di caducifoglie, alla discreta presenza di piante acquatiche.

Sulla base delle considerazioni paleoecologiche che se ne possono trarre, all'epoca della deposizione di questi livelli torbosi, la bassa pianura friulana doveva essere caratterizzata da un susseguirsi di paludi o stagni, documentati dalla presenza di piante acquatiche e Cyperaceae, alternati ad aree con vegetazione aperta di tipo step-pico, a netta predominanza di Graminaceae ed *Artemisia* e con scarsa rappresentatività di piante arboree (*Pinus* tipo *sylvestris*, *Betula*).

Formazioni steppiche a Graminaceae, del tutto simili a queste, vengono descritte per la laguna di Venezia da BORTOLAMI e coll. (1977), come l'espressione vegetazionale dell'ultimo stadio climatico pleistocenico («fase e») caratterizzato da clima molto secco e freddo e datato tra 23.000 e 18.000 anni a.C..

La foresta di Pini, con percentuali altissime di *Pinus* tipo *sylvestris*, riscontrate in sedimenti della pianura friulana (DALLA FIOR, 1937) e della pianura padano-veneta (MARCHESONI, 1959; PAGANELLI, 1966-1967; BERTOLANI MARCHETTI, 1966-67), secondo la seriazione di BORTOLAMI (1977) per la laguna di Venezia e sulla base di datazioni assolute di altri sondaggi (BERTOLANI MARCHETTI, 1966-67), sembra essere immediatamente precedente la formazione steppica a Graminaceae colta nei nostri livelli torbosi.

3. Geochimica

Lo studio geochimico, condotto sugli stessi campioni dell'analisi paleontologica, ha riguardato il sondaggio S 20 ed è stato limitato alla identificazione di alcune specie mineralogiche e della sostanza organica ritenute buone indicatrici ambientali, riportate in tab. V.

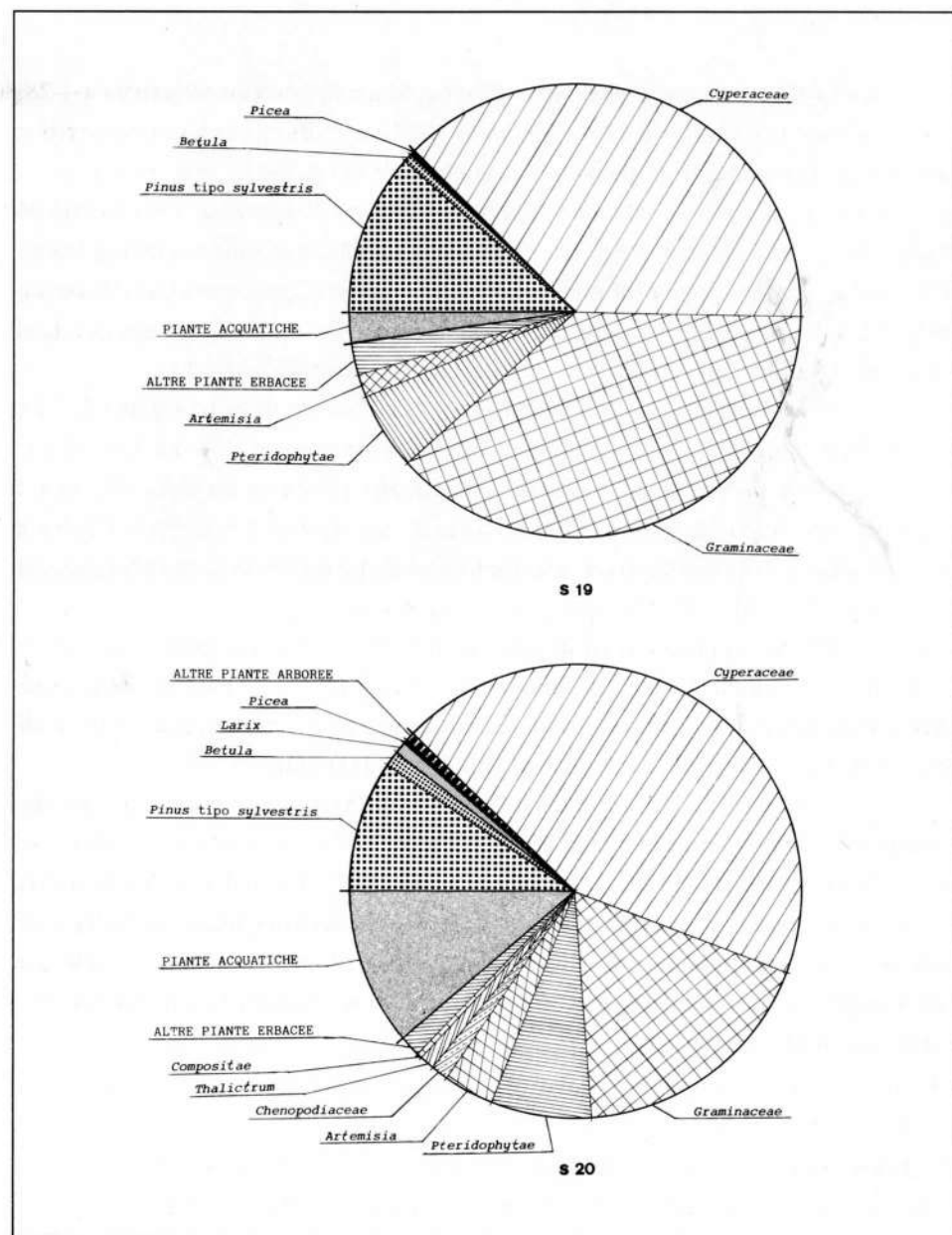


Fig. 3 - Percentuali relative dei pollini e delle spore presenti negli strati carboniosi situati alla base dei due sondaggi.

- The relative per cent values of the spore-pollinic presences in the examined peaty levels situated at the base of the cores.

Premessa

Nella presente analisi geochimica si assume che la presenza di gesso puro (solfati) unita all'assenza di pirite ed ossidi di ferro indichi un'origine dei solfati per evaporazione di acque solfatiche come sono notoriamente quelle del F. Tagliamento (sia per composizione propria che, nella parte bassa, per risalita di acqua di mare con le maree) o quelle marine. Esperimenti di evaporazione condotti su acque prelevate dal Tagliamento (e dai suoi affluenti superiori Degano e But) confermano la possibilità di una derivazione dei solfati anche da queste acque, ottenendosi minuti cristalli di gesso e calcite.

La discriminazione fra ambiente marino e quello continentale viene fatta fondamentalmente in base ai reperti fossili (tipo o mancanza).

La presenza di ossidi di ferro e/o pirite associati a solfati si assume invece indicare una derivazione di questi ultimi dall'ossidazione della pirite. In diversi casi questa trasformazione è risultata chiaramente rilevabile, potendosi osservare i cristalli di gesso in via di formazione concrescere sulla fase a pirite, come nel caso della sferula di pirite riportata in figura 4.

La presenza della fase ridotta, pirite, indica nel nostro caso, un ambiente subacqueo relativamente riducente, in cui la pirite si è formata per riduzione dei solfati in soluzione ad opera di batteri solfato riduttori (BERNER, 1984), fig. 5. La presenza della fase a solfati è invece indicativa dell'instaurarsi di condizioni relativamente ossidanti.

Si sono così potute ottenere, in base a quanto sopra esposto, delle indicazioni sullo stato dell'ambiente, utili particolarmente in mancanza di reperti fossili, considerando che generalmente un ambiente riducente sarà sommerso mentre uno ossidante almeno parzialmente o periodicamente emerso.

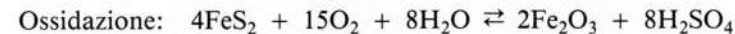
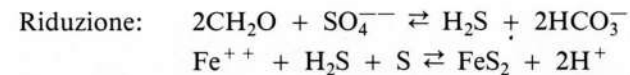
Il caso del gesso postulatosi di origine evaporitica rientrerebbe quindi in quello di un ambiente ossidante, superficiale, soggetto ad inondazioni più o meno frequenti, con successiva evaporazione e quindi prosciugamento. È da notare che se l'ipotesi dell'origine evaporitica non fosse valida, il gesso deriverebbe sempre dall'ossidazione della pirite. In tal caso l'ambiente subacqueo verrebbe ad assumere probabilmente soltanto, data la presenza della fase ossidata, maggiore consistenza e persistenza rispetto al verificarsi di semplici inondazioni più o meno frequenti.

Questi fenomeni di ossido-riduzione si possono sintetizzare secondo i seguenti schemi noti.

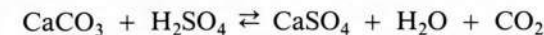
S 20	INTERVALLI DEL SONDAGGIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	misure in metri	0.20	1.28	2.37	3.50	4.70	5.90	7.10	8.30	9.50	10.70	11.90	13.05	14.20	15.35	16.45	17.60	18.75	19.50	20.65	21.80	22.95	24.05	25.15	26.25	27.40	28.60	29.70	30.80	31.90	
		1-3																													
	Solfati di Ca e Sr																														
	agglomerati di gesso, quarzo, calcite																														
	ossidi di Fe																														
	pirite																														
	quarzo autigeno																														
	quarzo detritico																														
	calcite																														
	sferule di sostanza amorfa																														
	agglomerati di calcite e ossidi																														
	agglomerati di calcite, ossidi, solfati																														
	agglomerati di calcite e solfati																														

x = presenza

Tab. V - Rinvenimenti di sostanze minerali nei campioni del sondaggio S 20.
- Recovery of the mineral substances in the samples of the S20 boring.



ed in presenza di carbonato di calcio nel sedimento:



Analisi dei risultati e conclusioni

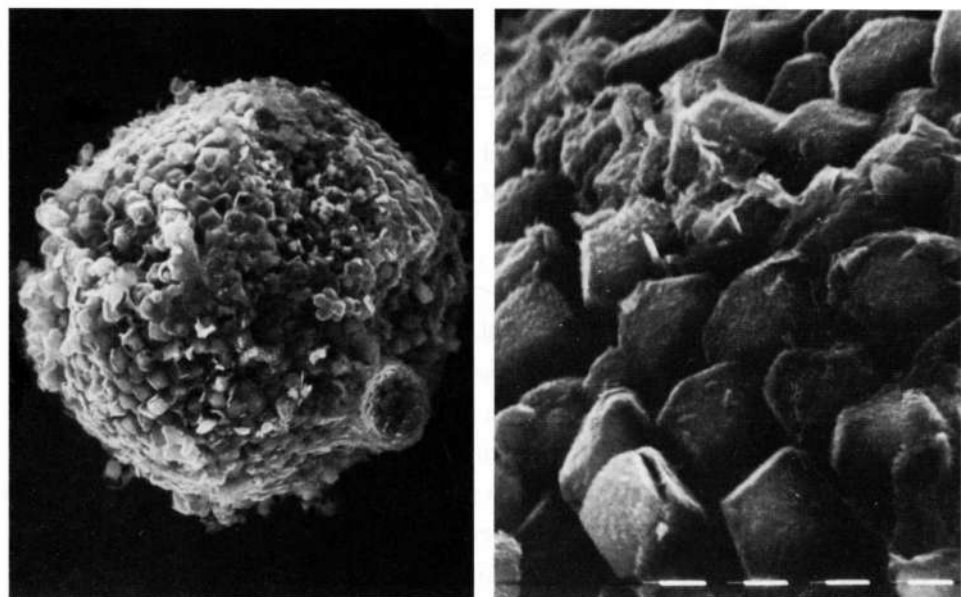
Venendo ora all'esame specifico della carota studiata, e considerando i risultati dell'analisi paleontologica, se ne propone un'interpretazione paleoambientale. Nell'intervento da m —29.70 a m —11.90 la presenza di quantità relativamente consistenti di materiale torboso e/o resti vegetali, la presenza comune, ma particolarmente evidente nel campione da m —26.65 a m —26.45 e nell'intervallo da m —17.60 a m —14.20, di minuti cristalli autigeni, euedrali di gesso, calcite e talvolta quarzo, la cui origine è attribuibile ad evaporazione, a quella di frammenti di rocce metamorfiche (scisti) appartenenti all'alto bacino del F. Tagliamento, si ritengono indicative di episodi fluviali di piena, con conseguente inondazione, probabilmente dello stesso Tagliamento.

Nell'ambito di questo intervallo la presenza, assieme ai solfati, scarsi, di pirite ed ossidi di ferro nei tratti da m —22.95 a m —21.80 e da m —14.20 a m —13.05, dovrebbe significare una sommersione relativamente più profonda e persistente con l'instaurazione di condizioni riducenti (formazione di pirite) ed una successiva emersione, almeno parziale con l'instaurarsi di condizioni ossidanti (formazione di ossidi di ferro e gesso).

La presenza di piccoli cristalli di quarzo euedrale, ma con gli spigoli arrotondati, assieme a glomeruli di ossidi di ferro e carbonato di calcio, e la scomparsa in pratica dei resti vegetali nell'intervallo da m —11.90 a m —9.50 sono in accordo con l'ambiente interdite indicato dalla fauna fossile.

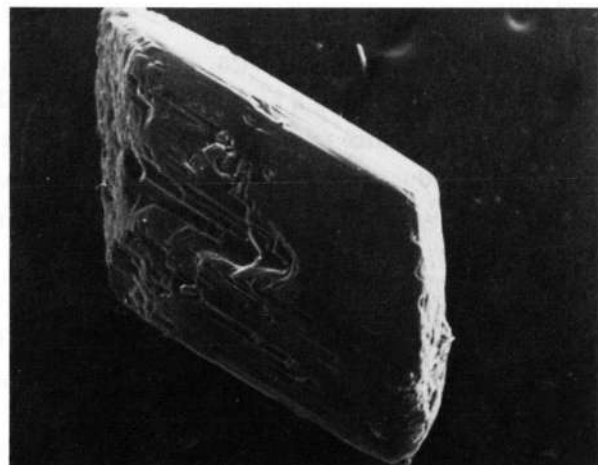
Nell'intervallo da m —9.50 a m —5.90 la presenza relativamente diffusa, tuttavia in diminuzione verso l'alto, di piccoli cristalli di gesso e calcite, autigeni, è indicativa di un ambiente relativamente ossidante, relativamente salato (probabilmente in comunicazione periodica col mare), soggetto ad evaporazione e probabilmente ad interrimento.

Nell'intervallo da m —5.90 a m —3.50 i cristalli autigeni, euedrali, di gesso e calcite sono scomparsi, mentre compaiono, seppure scarse, delle sferule di pirite



a)

b)



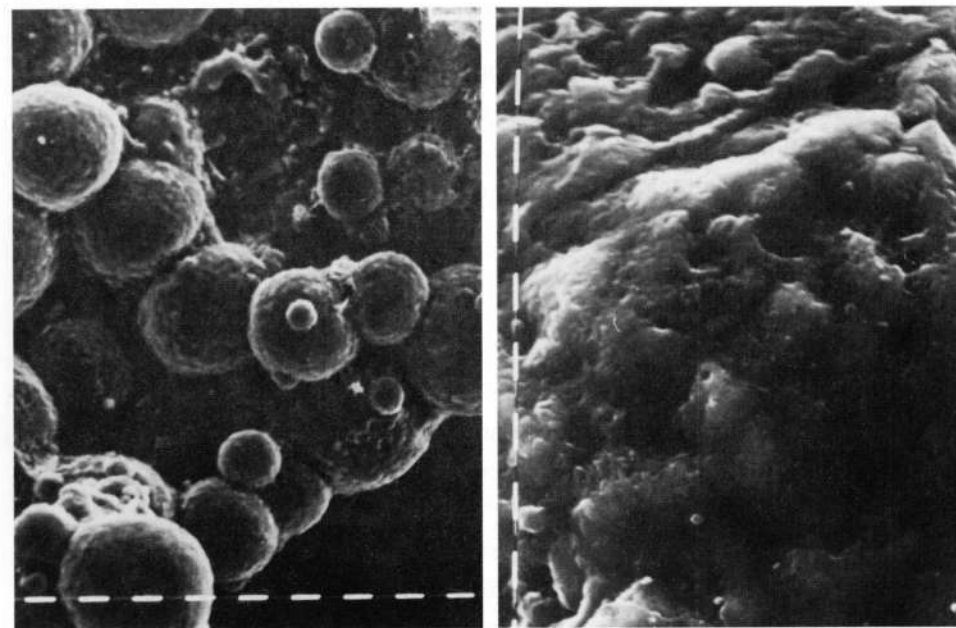
c)

Fig. 4 - a) Sferula in pirite ($\times 885$) sulla cui superficie è possibile osservare chiaramente la presenza di solfati derivati dall'ossidazione della pirite stessa; b) particolare della superficie ingrandita ($\times 4286$); c) cristallo di gesso ($\times 54$) di origine evaporitica.
 - a) Little pyrite sphere ($\times 885$) on whose surface it is possible to observe clearly the presence of sulphates derived from the oxidation of the pyrite itself; b) detail of the enlarged surface; c) gypsum crystal ($\times 54$) of evaporitic origin.

e del quarzo euedrale, autigeno; i resti vegetali sono scarsi. L'ambiente è subacqueo, piuttosto riducente, quindi senza ricambi sensibili.

Nel tratto successivo fra m -3.50 e m -1.28 la presenza di pirite in sferule, spesso framboide, piuttosto abbondante, è indicativa di una evoluzione dell'ambiente subacqueo verso una condizione sempre più riducente, quindi stagnante e probabilmente relativamente più profonda rispetto all'ambiente del tratto precedente, di tipo palustre o meglio simile ad uno stagno. La presenza sempre in questo tratto di ossidi di ferro e gesso coesistenti con la pirite indica inoltre l'instaurarsi di successive condizioni ossidanti con almeno parziale emersione, probabilmente periodica. Tale situazione ambientale deve essersi modificata successivamente, con interrimento, in un tempo abbastanza breve in quanto la ossidazione della pirite risulta notevolmente incompleta (figura 4).

Dai risultati ottenuti si può osservare in generale una buona concordanza e com-



a)

b)

Fig. 5 - a) Agglomerato di sfere di pirite ($\times 23$); b) particolare della superficie ($\times 4286$) di una di esse che non rivela la presenza di solfati.
 - a) Agglomerate of pyrite spheres ($\times 23$); b) detail of the surface ($\times 4286$) of one of them that doesn't show sulphates growing on it.

plementarità dei dati geochimici con le osservazioni paleontologiche. Da questi dati viene messa in evidenza una situazione paleoambientale tendenzialmente di tipo palustre con periodiche emersioni o meglio prosciugamenti (da m -29.70 a m -11.90) seguite da una breve e limitata ingressione marina (da m -11.90 a m -9.50), con successiva diminuzione dell'influsso marino dovuta ad apporti fluviali, probabilmente del Tagliamento. Questi apporti fluviali, anche in funzione delle variazioni climatiche, restano in generale l'elemento determinante delle condizioni paleoambientali nella zona della campionatura e per l'intervallo considerato.

Conclusioni

Dall'esame complessivo di tutti gli elementi considerati riteniamo di poter ipotizzare, per questa area, il succedersi nel tempo di facies diverse, ascrivibili sia al dominio continentale che a quello marino, con le relative facies di transizione dovute anche alla presenza, nelle vicinanze, di un apparato deltizio.

Da sottolineare come sia stato inoltre possibile riconoscere:

- un episodio continentale, comune ad entrambi i sondaggi, le cui torbe basali sono correlabili alla «fase e» della formazione steppica a Graminaceae dell'ultimo stadio pleistocenico (23.000 - 18.000 anni a.C.), riconosciuto per la laguna veneta da BORTOLAMI e coll. (1977);
- una fase trasgressiva;
- una fase regressiva;
- episodi di piena fluviale;
- episodi di mareggiata;
- ambienti riducenti, sommersi, desunti dalla presenza di pirite;
- ambienti ossidanti, parzialmente o periodicamente emersi, desunti dalla presenza di solfati.

Come si nota infine dalla fig. 6, pur essendoci tra i due sondaggi una buona corrispondenza, sussiste una certa differenza nella sequenza di facies succedutesi nel tempo (per es. presenza di una vera e propria facies marina in S19), ma ciò è dovuto senz'altro alla diversa posizione dei due sondaggi stessi rispetto alla foce del F. Tagliamento.

Manoscritto pervenuto il 21.II.1986.

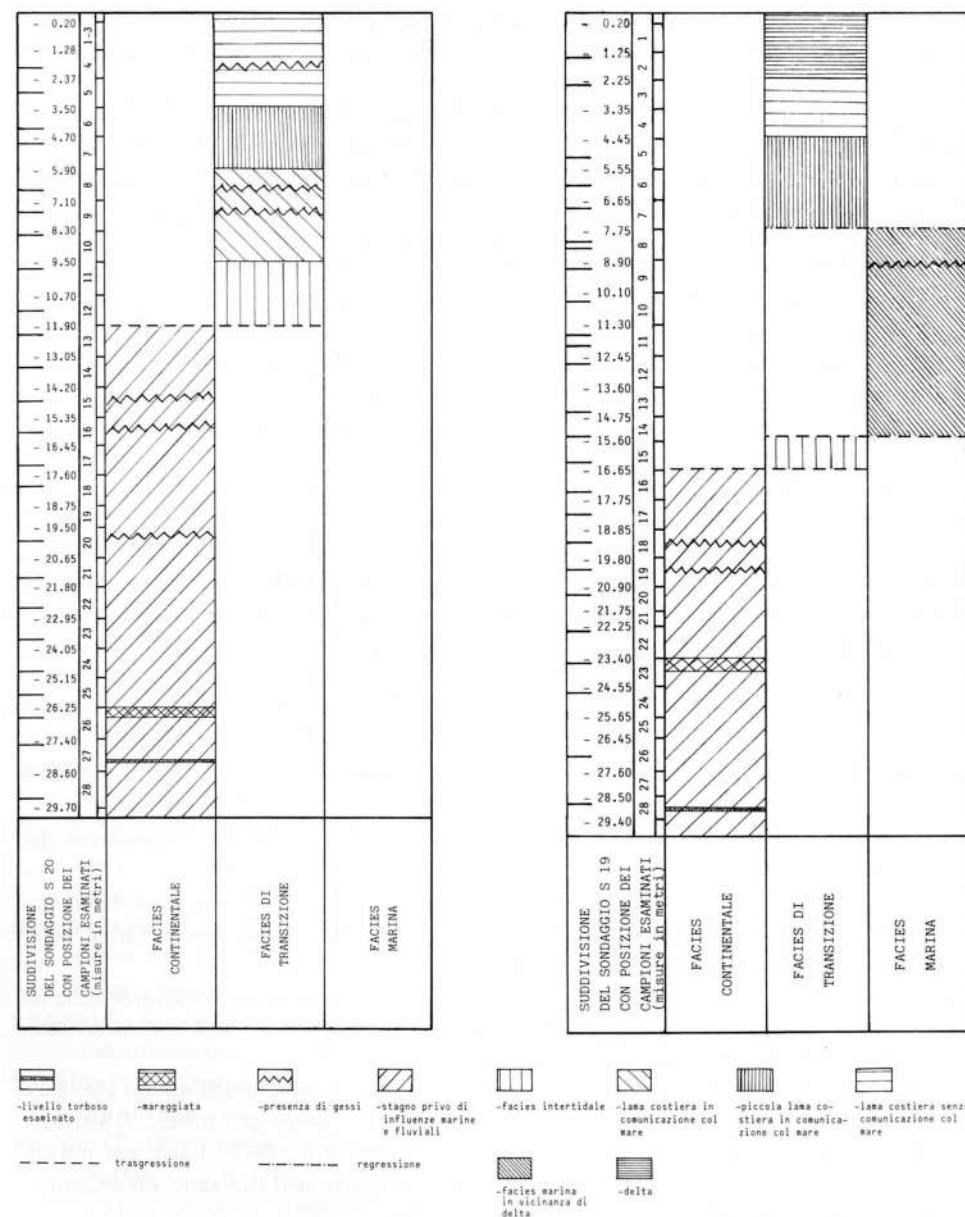


Fig. 6 - Successione nel tempo delle facies, ricostruite in base all'analisi dei campioni dei quali è segnata la posizione nella parte sinistra dello schema dei sondaggi.
- Sequence of the facies in the time, reconstructed through the analysis of the samples, whose location is marked on the left side of the borings scheme.

ZUSAMMENFASSUNG — Diese Arbeit stellt die Ergebnisse einer Forschung über 49 Proben, die von zwei in unmittelbarer Nähe der Tagliamentomündung gebohrten Sondierungen (S 19 und S 20) hervorkommen, dar.

Die Untersuchung der Daten hat die Malakofauna, die Resten anderer wirbellosen Tiergruppen, die Sporen- und Pollenanalyse von zwei am Fuß der Sondierungen liegenden Torfstände und eine geochemische Prüfung betrifft und daraus ergibt sich als paläoökologische Betrachtungen, daß in diesem Deltagebiet verschiedene Fazies in der Zeit, mit Entsprechung in den zwei Sondierungen, aufeinandergefolgt auf diese Weise sind (fig. 6):

- beide Bohrkern haben an dem Grund eine kontinentale Fazies gewiesen und die Torfstände gehen auf die «e Phase» der Steppenformation mit Gramineen von dem letzten pleistozänischen Stadium (23.000 - 18.000 J.v.Ch.) zurück. (Bei diese Datierung stimmt den Schluß, zu dem BORTOLAMI et al., 1977, für die venetische Lagune gelangen sind, überein);
 - eine transgressive Phase, mit einer Übergangsfazies und in S 19 auch mit einer Meerfazies;
 - eine darauffolgende regressive Phase.
- Außerdem kann man unterscheiden:
- einige Überschwemmungsepisoden;
 - einige Sturmflutepisodes;
 - Staubecken mit des Pyritvorhandenseins entnommenen Reduktionsprozesse;
 - fast ausgetrocknete Staubecken mit des Sulfatevorhandenseins entnommenen Oxydationsprozesse.

Bibliografia

- BERNER R.A., 1984 - Sedimentary pyrite formation: an update. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48: 605-615.
- BRAMBATI A. & ZUCCHI M.L., 1969 - Relazioni tra granulometrie e distribuzione dei molluschi nei sedimenti recenti dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste. *Stud. Tren. Sc. Nat.*, sez. A, 46 (1): 30-40, 6 figg., Trento.
- BRAMBATI A. & STOLFA ZUCCHI M.L., 1971 - Relazioni tra sedimenti e molluschi nelle lagune di Marano e Grado e rapporti con l'Adriatico settentrionale. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 90: 381-393, 3 figg. n.t., 1 tav. n.t., 1 tav. f.t..
- BERTOLANI MARCHETTI D., 1966-67 - Vicende climatiche e floristiche dell'ultimo glaciale e del postglaciale in sedimenti della laguna veneta. *Mem. Biogeogr. Adriat.*, 7: 193-225.
- BORTOLAMI G.C., FONTES J.CH., MARKGRAF V. & SALIEGE J.F., 1977 - Land, sea and climate in the northern Adriatic region during late Pleistocene and Holocene. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 21: 139-156.
- BROUWER W. & STAHLIN A., 1975 - Handbuch der Samenkunde. Frankfurt.
- CITA M.B. & PREMOLI SILVA I., 1965 - Sui Foraminiferi incontrati in un pozzo perforato nella laguna di Venezia. *Mem. Biogeogr. Adriatic.*, 7: 29-51, 9 figg., 2 tavv..
- COEN G.S. & VATOVA A., 1932 - Malacofauna arupinensis. *Thalassia, Ist. Italo-Germ. Biol. Marina*, 1 (1), 51 pp., Rovigno.

- DALLA FIOR G., 1937 - Sopra una serie di analisi polliniche della Bassa Pianura Veneta. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, n.s., 44: 607-608.
- ERDTMAN G., 1943 - An Introduction to Pollen Analysis. *Chronica Bot.*, 12.
- ERDTMAN G., BERGLUND B. & PRAGLOWSKI J., 1961 - An Introduction to a Scandinavian Pollen Flora. Stockholm.
- ERDTMAN G., 1969 - Handbook of Palynology. Copenhagen.
- FAEGRI K. & IVERSEN J., 1964 - Textbook of Pollen Analysis. Copenhagen.
- FAVERO V., ALBEROTANZA L. & SERANDREI BARBERO R., 1973 - Aspetti paleoecologici, sedimentologici e geochimici dei sedimenti attraversati dal pozzo VE 1 bio C.N.R.. *Tech. Rep.*, 63: 1-51, 7 ff., 2 tabb., 4 tavv..
- FERUGLIO E., 1936 - Sedimenti marini nel sottosuolo della bassa pianura friulana. *Boll. Soc. Geol. It.*, 55: 129-138, Roma, 1 tav..
- GASPARINI L., 1971-72 - Studio sedimentologico e paleontologico dei sedimenti marini recenti prospicienti la foce del fiume Piave. Tesi di laurea inedita, Università di Trieste.
- GIOVANNELLI M.M. & ZUCCHI STOLFA M.L., 1981 - Molluschi delle foci dei fiumi Livenza e Piave. *Gortania*, 3: 65-92, 14 figg..
- LIPPARINI T., 1936 - I fossili dei sedimenti marini nel sottosuolo della bassa pianura friulana. *Boll. Soc. Geol. It.*, 55: 139-151, Roma.
- MALATESTA A. & SETTEPASSI F., 1954 - Fossili delle formazioni continentali quaternarie. *Boll. Serv. Geol. d'It.*, 76: 33-38, Roma, 1 fig., 1 tav..
- MARCHESONI V., 1959 - Ricerche pollinologiche in sedimenti torbosi della Pianura Padana. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, n.s., 66 (1-2): 336-339.
- MARTINIS B., 1953 - Le formazioni quaternarie del sottosuolo di Grado (Gorizia). *Riv. It. Pal. Strat.*, 59: 3-32, 2 figg., 1 tavv..
- MARTINIS B., 1957 - Osservazioni stratigrafiche sul sottosuolo di Lignano (Udine). *Riv. It. Pal. Strat.*, 63: 159-178, 1 fig., 1 tav. n.t..
- MASOLI M. & ZUCCHI STOLFA M.L., 1968a - Reperti paleontologici e loro significato ecologico nella serie del pozzo di Vallenoncello (PN). *Boll. Bibl. e Musei Civ. e Bienn. d'Arte Ant.*, 14 pp., 1 tav., Udine.
- MASOLI M. & ZUCCHI M.L., 1968b - Paleontologia ed ecologia dei sedimenti attraversati dal pozzo S. Sabba 2, Golfo di Trieste. *Boll. Bibl. e Musei Civ. e Bienn. d'Arte Ant.*: 3-14, 1 tav., Udine.
- MUNARI L. & GUIDASTRI R., 1972 - I Trochidae della laguna veneta (sistemica, ecologia e distribuzione). *Boll. Mus. Civ. St. Nat.*, Venezia, 25: 153-175, 4 tavv. n.t., 6 tavv. f.t..
- PAGANELLI A., 1966-67 - Primi risultati di alcune analisi polliniche eseguite su di una terebrazione di Porto Marghera (Venezia). *Mem. Biogeogr. Adriat.*, 7: 151-157.
- PELOSIO G., 1967 - Molluschi di una carota prelevata nella laguna di Venezia. *Mem. Biogeogr. Adriat.*, 7: 1-8, 1 fig..
- PERES J.M. & PICARD J., 1964 - Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Sta. Mar.*, Endoume, 31 (n. 47), 137 pp., 8 figg..
- STOLFA ZUCCHI M.L., 1971 - Gasteropodi recenti dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste. *Mem. Mus. Trid. Sc. Nat.*, 18 (3): 1-27, 21 figg., 9 tavv..
- STOLFA ZUCCHI M.L., 1972 - Lamellibranchi recenti dell'Adriatico settentrionale tra Venezia e Trieste. *Mem. Mus. Trid. Sc. Nat.*, 19 (1): 123-243, 19 figg. n.t., 9 tavv..

- VAN STRAATEN L.M.J.U., 1960 - Marine Mollusc Shell assemblages of the Rhone delta. *Geol. en. Mijn.*, 39: 105-129, 6 tabb., 12 figg..
- VATOVA A., 1940 - Le zoocenosi della laguna Veneta. *Thalassia*, 3: 1-28, 10 tavv..
- VATOVA A., 1961(b) - Sulla zoocenosi *Lentidium* delle acque peciloline del Mediterraneo. *Acc. Naz. Lincei, Rend. Sc. Fis. Mat. e Nat.*, S.8, 31: 314-315.
- VATOVA A., 1963(b) - La faune benthique des embouchures des fleuves vénitiens. *Procès Verbaux Réunion. Comm. Int. Explor. Scient. Mer Méditerranée*, 17 (2): 139-147.
- VATOVA A., 1965 - Nouvelles recherches sur la faune benthique de la lagune de Grado - Marano. *Procès - Verbaux Réunion. Comm. Int. Explor. Scient. Mer Méditerranée*, 18 (2): 185-187.
- VATOVA A., 1968 - La vita nelle acque salmastre e soprasalate. *Encicl. della Natura*, 4: 681-730, 39 figg..
- ZUCCHI STOLFA M.L., 1976 - Gasteropodi recenti delle lagune di Grado e Marano. *Atti Soc. It. Sc. Nat., Mus. Civ. St. Nat.*, Milano, 118 (2): 144-164, 11 figg., 1 tav., 1 tab..
- ZUCCHI STOLFA M.L. & TOPPAZZINI C., 1976 - Dati paleoecologici preliminari dedotti dalle malacofaune del sondaggio S12 (Adriatico settentrionale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 95 (5): 981-990, 1 tav., 1 tab..
- ZUCCHI STOLFA M.L., 1979 - Lamellibranchi recenti delle lagune di Grado e di Marano. *Gortania - Atti Mus. Friul. St. Nat.*, Udine, 1: 41-60, 6 figg., 1 tav., 1 tab..
- ZUCCHI STOLFA M.L. & GIOVANNELLI M.M., 1979 - Molluschi recenti della foce del fiume Tagliamento. *Gortania - Atti Mus. Friul. St. Nat.*, Udine, 1: 61-84, 13 figg..
- ZUCCHI STOLFA M.L., BREGANT D. & GIOVANNELLI M.M., 1984 - Stagni costieri del Mediterraneo: area di delta del F. Tagliamento (Adriatico settentrionale) 1° parte: caratteristiche generali e malacofauna. *Gortania*, 6: 83-104, 3 figg., 2 tabb..

Indirizzi degli Autori - Authors' addresses:

- Dr. Maria Manuela GIOVANNELLI
Museo Friulano di Storia Naturale
Via Grazzano 1, I-33100 UDINE
- Prof. Loredana RIZZI LONGO
Dipartimento di Biologia
dell'Università degli Studi
Via Valerio 30, I-34127 TRIESTE
- Prof. Maria Luisa ZUCCHI STOLFA †
Istituto di Geologia e Paleontologia
dell'Università degli Studi
P.le Europa 1, I-34127 TRIESTE
- Prof. Dario STOLFA †
Istituto di Mineralogia e Petrografia
dell'Università degli Studi
P.le Europa 1, I-34127 TRIESTE