

CARATTERIZZAZIONE E DIFFERENZIAZIONE MINERALOGICA DEI LIVELLI SABBIOSI TARDO-QUATERNARI DEL LITORALE VENEZIANO

M. Bonardi - L. Tosi

C.N.R. - Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Venezia

ABSTRACT - *Mineralogical characterization and differentiation of Late-Quaternary sand sediments from the Venetian Littoral (Italy)* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 8(2), 1995, 315-322 - This paper reports the results of a mineralogical investigation on 170 sand samples from 18 boreholes, 25-30 m deep and representative of Upper Quaternary sand sediments underlying the sandy littoral bar that separates the Lagoon of Venice from the open Adriatic Sea. A minimum of 200 grains, per sample, randomly chosen, have been analysed using an Electron Microprobe (EPMA) equipped with an Energy Dispersion Spectrometer (EDS). The statistical elaboration of the analytical data indicates that the percentages of quartz, feldspars, carbonates, mica and chlorites for the sediments of the continental depositional environments are quite different from those of marine-lagoonal environments. The mineralogical differentiation of sand sediments and their detailed characterisation, can be used to more accurately define the Holocene/Pleistocene boundary, particularly in those areas of the lagoon where the limit is not represented by the overconsolidated clay layer, typical of the last Pleistocene continental sedimentation, locally known as *caranto*. The average mineralogical composition also shows vertical and lateral variations. Generally, vertical variations are linked to changes in depositional environment conditions mainly due to climatic changes during the past 25,000 years. The lateral variations between the northern and southern areas of the Venetian littoral are related to the petrology of the source areas of sediments, the carbonate-rich Tagliamento, Piave, Sile, Adige and Brenta Rivers basins and the silicate-rich Po River basin from north to south, respectively. This study highlights that the average mineralogical composition of sands deposited during the last stage of the Würmian glaciation is relatively homogeneous while sand deposited during the post-glacial Flandrian transgression, shows very distinct variations.

RIASSUNTO - *Caratterizzazione e differenziazione mineralogica dei livelli sabbiosi tardo-quaternari del litorale veneziano* - Il Quaternario *Italian Journal of Quaternary Sciences*, 8(2), 1995, 315-322 - Vengono riportati i risultati di uno studio mineralogico condotto sui sedimenti sabbiosi tardo quaternari sottostanti il cordone litorale veneziano compreso tra la foce del Fiume Brenta a Sud e quella del Sile a Nord. Sono stati analizzati 170 campioni indisturbati, provenienti da 18 sondaggi terebrati a carotaggio continuo fino a 25-30 m sotto il piano campagna. L'analisi mineralogica è stata eseguita su un minimo di 200 grani per campione utilizzando una microsonda elettronica (EPMA) equipaggiata con uno spettrometro a dispersione di energia (EDS). L'elaborazione dei dati analitici ha evidenziato una netta differenza di composizione mineralogica tra le sabbie di deposizione continentale tardo-pleistocenica e quelle di deposizione marino-lagunare olocenica e la possibilità di discriminarle con la sola quantificazione dei principali componenti, quali: quarzo, feldspati, calcite, dolomite, miche e clorite. Questa marcata differenza di composizione mineralogica può quindi essere utilizzata per una migliore definizione del limite Pleistocene/Olocene, in particolare nelle situazioni in cui il caratteristico livello guida di argille sovraconsolidate, noto come *caranto*, è assente per erosione o per mancata formazione. L'elaborazione statistica dei dati analitici ha evidenziato inoltre che la composizione mineralogica media varia, sia con la profondità che arealmente, dal settore meridionale del litorale a quello settentrionale. Le variazioni mineralogiche verticali sono state attribuite all'evoluzione temporale degli ambienti deposizionali, principalmente legati alle variazioni climatiche degli ultimi 25.000 anni, mentre quelle areali, tra i due settori litoranei, sono dovute soprattutto alle differenze petrografiche delle aree di provenienza dei sedimenti. I sedimenti sabbiosi depositati durante l'ultima fase glaciale tardo-pleistocenica presentano una composizione mineralogica media abbastanza omogenea, mentre quelli di deposizione post-glaciale mostrano variazioni ben marcate.

Parole chiave: Sabbie, tardo Pleistocene, Olocene, mineralogia, litorali, Venezia, Adriatico settentrionale, Italia
Key-words: Sand, Late-Pleistocene, Holocene, mineralogy, littoral, Venice, northern Adriatic Sea, Italy

1. INTRODUZIONE

Lo studio evolutivo della laguna di Venezia e del suo litorale riveste un ruolo di particolare importanza per la salvaguardia della città storica e delle altre isole lagunari notoriamente soggette ad allagamenti a seguito di maree eccezionali.

Per lo sviluppo corretto di modelli di previsione evolutiva dell'assetto morfologico del comprensorio lagunare è necessaria la valutazione dei tassi dei processi geologici che hanno agito in passato determinando l'attuale configurazione della laguna di Venezia (Bortolami *et al.*, 1977, 1984; Gatto & Carbognin, 1981; Marabini & Veggiani, 1991).

A questo proposito il passaggio dall'ambiente continentale tardo-pleistocenico a quello marino-lagunare

olocenico e le fasi evolutive succedutesi durante la transgressione marina flandriana risultano ben documentate negli ultimi trenta metri di sedimentazione sottostanti l'attuale cordone litorale; infatti in quest'area i sedimenti olocenici hanno raggiunto uno spessore di oltre 22 metri.

A seguito di una serie di sondaggi geognostici eseguiti dall'Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse del C.N.R. di Venezia, lungo il cordone litorale compreso tra il Lido di Sottomarina e quello del Cavallino (Fig. 1a), è iniziato negli anni ottanta un programma di ricerca multidisciplinare. Nell'ambito di questo programma sono state eseguite migliaia di analisi su un totale di quasi cinquecento metri di carotaggi.

In questo lavoro vengono riportati i risultati di uno studio sulle sabbie che ha permesso di definire la distribuzione verticale e laterale della loro composizione mine-

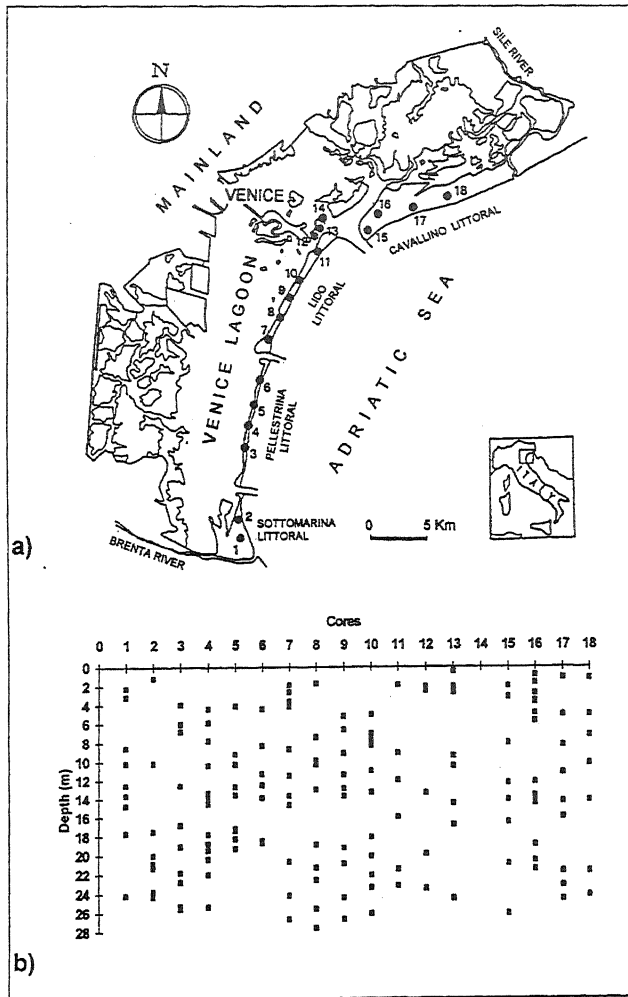


Fig. 1 - a) Ubicazione dei sondaggi, b) distribuzione dei campioni. a) Borehole locations, b) samples distribution.

ralogica e che contribuirà ad una migliore determinazione dei paleoambienti deposizionali nonché del limite stratigrafico Pleistocene/Olocene nell'area litorale veneziana.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

Durante l'ultima fase glaciale würmiana, l'Alto Adriatico era una vasta pianura alluvionale con la linea di costa posizionata circa all'altezza di Pescara sull'orlo settentrionale della Fossa mesoadriatica, quest'ultima interpretata come la scarpata singlaciale di prodelta del Po (Ciabatti *et al.*, 1986; Ferretti *et al.*, 1986; Savelli *et al.*, 1987).

Nell'area corrispondente all'attuale litorale veneziano, gli apporti solidi fluviali, le esondazioni e le rotte causate dalle piene hanno formato dei depositi sabbiosi a geometria principalmente lentiforme, passanti lateralmente ad argille limose ed a limi più o meno torbosi, intercalati verticalmente da livelli più continui di torbe, argille e limi. Le analisi micropaleontologiche e sedimentologiche hanno individuato la prevalenza di un ambiente di tipo fluvio-lacustre nella zona meridionale ed di uno di tipo lacu-

stre-palustre in quella settentrionale (Tosi 1994, a-b).

La deposizione pleistocenica termina bruscamente in una lacuna stratigrafica (Bortolami *et al.*, 1984) di ampiezza variabile da circa 9.000 anni alle estremità settentrionale e meridionale del litorale, caratterizzate da una morfologia depressa, a circa 12.000 anni nella zona centrale in corrispondenza di un alto morfologico (Tosi, 1994b).

In questa situazione e a causa del clima arido che comportò l'abbassamento del livello di base, la maggior parte degli ultimi strati argillosi di deposizione pleistocenica, con particolari caratteristiche di granulometria e di plasticità, furono sottoposti ad un processo di sovraconsolidazione (Gatto & Previatello, 1974; Tosi, 1993, 1994c). Queste argille sovraconsolidate, localmente chiamate *caranto*, ritenute un paleosuolo, anche se discontinue, sono considerate un livello guida del limite Pleistocene/Olocene. Infatti, la loro tipica colorazione giallastro-bruna e le caratteristiche fisiche, meccaniche e mineralogiche (Bonardi & Tosi, 1994a) ne facilitano l'individuazione.

Come si può vedere in Figura 2 il limite superiore del Pleistocene si trova ad una profondità variabile da -20 m nella zona più meridionale (Sottomarina), a -7 m nella zona centrale (Lido) in corrispondenza di un alto morfologico per poi approfondirsi nuovamente fino a -16 m nella parte più settentrionale del cordone litorale (Cavallino).

Con lo scioglimento dei ghiacciai continentali che causò l'innalzamento eustatico, la linea di costa inizia a migrare verso Nord e la paleopianura continentale viene via via sommersa dal mare.

Nell'area veneziana, la serie trasgressiva olocenica inizia spesso con un livello discontinuo di limi argillosi e sabbiosi continentali originati da esondazioni e rotte fluviali a seguito dell'innalzamento del livello di base durante la fase cataglaciale (Gatto, 1980a).

Questo livello si presenta generalmente a struttura caotica, con breccie a clasti intraformazionali delle argille continentali sottostanti o rimaneggiato con i sedimenti marino-lagunari sovrastanti. In altre situazioni invece, i depositi flandriani iniziano con sabbie conchigliifere grossolane, più o meno limose di ambiente marino-lagunare.

La sequenza verticale dei sedimenti olocenici continua quindi con l'alternanza di depositi di ambiente marino e lagunare (Tosi 1994, a-b) a volte intercalate da sedimenti di tipo continentale o da depositi che hanno subito una esposizione subaerea che evidenziano delle fasi regressive secondarie.

3. METODI DI ANALISI E MATERIALE UTILIZZATO

Per questo studio sono stati analizzati circa 170 campioni di sedimenti sabbiosi provenienti da una serie di 18 sondaggi (Fig. 1b), eseguiti a carotaggio continuo, mediamente profondi 25-30 m dal piano campagna ed ubicati lungo il litorale veneziano compreso tra la foce del Fiume Brenta a Sud e del Fiume Sile a Nord.

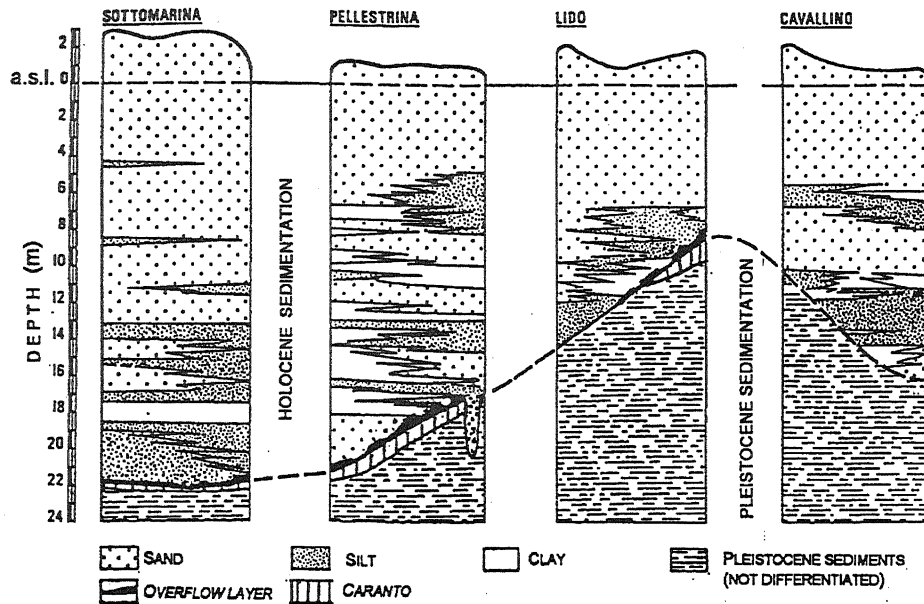


Fig. 2 - Rappresentazione schematica della stratigrafia dei sedimenti olocenici e del passaggio Pleistocene-Olocene (da Gatto, 1984; modificata). *Simplified stratigraphy of the Holocene sedimentation and of the Holocene/Pleistocene boundary (after Gatto, 1984; modified).*

I campioni sono stati preventivamente lavati con acqua distillata, filtrati, asciugati, privati della parte organica e montati in sezioni lucide.

Le analisi mineralogiche sono state eseguite utilizzando una microsonda elettronica (EPMA) CAMECA/CAMEBAX equipaggiata con EDS (*Energy Dispersion Spectrometer*), WDS (*Wavelength Dispersion Spectrometer*) e con BSE (*Backscattered Electron Detector*) in grado di produrre analisi non distruttive con un alto livello di automatismo.

Preliminari all'analisi mineralogica sono stati eseguiti dei *test* di taratura per determinare il numero ottimale di grani rappresentativi della granulometria media e della composizione mineralogica del campione prelevato. I *test* hanno indicato che 200 grani soddisfano questo requisito. Infatti la distribuzione granulometrica è ben rappresentata da circa 140-160 grani (Bonardi *et al.*, 1994; Bonardi & Tosi, 1995) mentre la composizione mineralogica da 200 grani (Bonardi & Carbognin, 1992).

La scansione della sezione sottile lucida di ogni campione è stata eseguita dapprima traslando il vetrino lateralmente su diverse tracce opportunamente spaziate e successivamente ruotandolo di 90°. In questo modo tutti i grani analizzati, durante la scansione, sono stati incontrati *at random* e quindi identificati una sola volta (Bonardi *et al.*, 1992).

In totale sono stati analizzati circa 36.000 grani di sabbia di campioni opportunamente scelti e rappresentativi della sedimentazione tardo-pleistocenica ed olocenica.

4. RISULTATI OTTENUTI

La caratterizzazione mineralogica delle sabbie si è basata sulle percentuali dei minerali generalmente sem-

pre presenti in queste sabbie: quarzo, feldspati (K, Na, Ca), calcite, dolomite, muscovite, biotite e clorite.

Le percentuali di quarzo, feldspati, plagioclasti, calcite e dolomite sono state elaborate in una fase preliminare, mediante il metodo statistico di *cluster analysis* per verificare rapidamente eventuali raggruppamenti di campioni con composizione mineralogica simile (Bonardi & Carbognin, 1992).

4.1 La composizione mineralogica media e le variazioni verticali in relazione agli ambienti di deposizione

L'elaborazione statistica dei dati analitici ha indicato che i campioni si distribuiscono in due raggruppamenti principali distinti. Questi due gruppi corrispondono bene ai due eventi deposizionali principali: pleistocenico ed olocenico distinti secondo il limite stratigrafico definito da Gatto (1980a).

Solamente il 20% di campioni appartenenti alla deposizione olocenica, sulla base della analisi statistica della composizione mineralogica verrebbe classificato di "tipo pleistocenico". Questa apparente anomalia non è riconducibile ad un errore analitico-metodologico bensì a variazioni locali delle condizioni paleoambientali e climatiche verificatesi durante il periodo olocenico (Bonardi & Tosi, 1994b).

Questo 20% di campioni "anomali" corrisponde a due deposizioni distinte. Quella olocenica basale continentale di esondazione che, come visto può essere rimaneggiata con i sedimenti marino-lagunari sovrastanti e quella corrispondente ad alcuni livelli olocenici continentali o comunque a sedimenti che hanno subito una esposizione subaerea probabilmente a causa di fasi regressive secondarie.

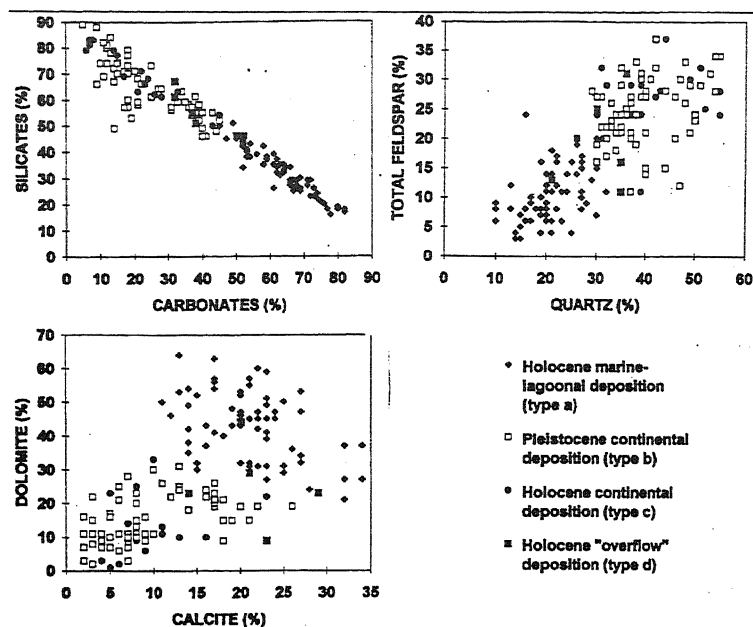


Fig. 3 - Variazioni delle percentuali dei silicati (quarzo, feldspati, plagioclasti) e dei carbonati (calcite, dolomite) delle sabbie a seconda del tipo di deposizione.

Percentage variations of silicates and carbonates according to the type of deposition.

quelle massime sono osservabili nei sedimenti continentali pleistocenici (*tipo b*). Si può constatare anche che le percentuali più alte della biotite, a scapito della muscovite, appartengono ai campioni dei sedimenti continentali di deposizione olocenica di (*tipo c*), mentre quelle più basse a quelli pleistocenici (*tipo b*).

4.2 Variazioni della composizione mineralogica lungo il cordone litorale

Dopo aver definito le caratteristiche mineralogiche medie dei quattro tipi di sedi-

mentazione verifichiamo se esiste una variazione della composizione lungo il cordone litorale, in relazione alle diverse aree di provenienza dei sedimenti: i bacini dei fiumi Sile, Tagliamento e Piave a Nord e quelli del Brenta, Bacchiglione, Adige e Po a Sud.

Lo studio preliminare basato sulle percentuali medie dei carbonati e dei silicati di ogni sondaggio dei sedimenti sabbiosi olocenici e tardo-pleistocenici indistinti ha indicato la differenziazione in tre zone: una meridionale più ricca in silicati, una settentrionale prevalentemente carbonatica ed una centrale di composizione intermedia (Fig. 5).

Tale differenziazione corrisponde anche all'interpretazione di altri autori (Fontes & Bortolami, 1973; Gatto, 1980, a-b) che suggeriscono un contributo di sedimenti più ricchi in silicati da parte dei fiumi Po ed Adige nell'area più meridionale del cordone litoraneo ed uno più ricco in carbonati da parte dei fiumi Sile, Tagliamento e Piave in quella settentrionale.

Per migliorare l'interpretazione dei risultati, si è ritenuto opportuno differenziare informalmente la sedimentazione olocenica, in "inferiore" e "superiore" in quanto avvenuta, come evidenziato da Fairbridge (1971), inizialmente con un innalzamento eustatico molto rapido e successivamente, a partire da 5.000-6.000 a B.P. più lento.

Sulla base di numerose radiodattazioni eseguite sui campioni provenienti dai sondaggi in esame (Bortolami *et al.*, 1984) si ritiene che la sedimentazione "superiore" mediamente corrisponda agli ultimi 6-8 metri.

In Figura 6 sono state rappresentate le percentuali medie dei silicati, carbonati e delle miche dei depositi sabbiosi pleistocenici ed olocenici per i settori meridionale e settentrionale.

Come si può osservare, la composizione mineralogica media dei sedimenti tardo-pleistocenici non presenta differenze tra il settore Sud (sondaggi 1-10) e quello

Sulla base di queste considerazioni stratigrafiche (Gatto & Previatello, 1974; Gatto 1980a, 1984), geocronologiche (Fontes & Bortolami, 1973; Bortolami *et al.*, 1984) e su altre di carattere micropaleontologico (Tosi 1994, a-b) i campioni di deposizione pleistocenica ed olocenica sono stati ulteriormente suddivisi come segue:

- *tipo a*, sabbie di deposizione olocenica in ambiente marino-lagunare;
- *tipo b*, sabbie di deposizione pleistocenica in ambiente fluviale, lacustre, palustre;
- *tipo c*, sabbie di deposizione olocenica in ambiente fluvio-deltizio;
- *tipo d*, sabbie di deposizione olocenica per esondazioni e rotte fluviali precedenti la trasgressione marina.

Nella Figura 3 vengono rappresentate rispettivamente le relazioni tra silicati-carbonati, quarzo-feldspati e calcite-dolomite per i quattro tipi di deposizione.

Si può osservare la marcata differenza tra le percentuali mineralogiche dei sedimenti olocenici marino-lagunari di *tipo a* e quelle dei sedimenti pleistocenici continentali di *tipo b* nonché la somiglianza delle sabbie continentali oloceniche di *tipo c* a quelle pleistoceniche di *tipo b*. Inoltre le sabbie di esondazione *tipo d*, spesso rimaneggiate per i motivi sopra citati, hanno una composizione mineralogica intermedia tra quella di *tipo a* e quella di *tipo b*.

Quanto detto si riscontra anche analizzando la composizione media dell'intera area in esame (Fig. 4a).

E' interessante notare che, malgrado la percentuale totale dei feldspati sia variabile (Fig. 4b), i rapporti tra K-feldspati, Na-plagioclasti e Ca-plagioclasti nei diversi tipi di deposizione rimangono pressoché costanti.

Anche i valori medi dei minerali lamellari (clorite, muscovite e biotite) variano a seconda del tipo di sabbia (Fig. 4c); in particolare i sedimenti di deposizione marina (tipo a) presentano le percentuali totali minime mentre

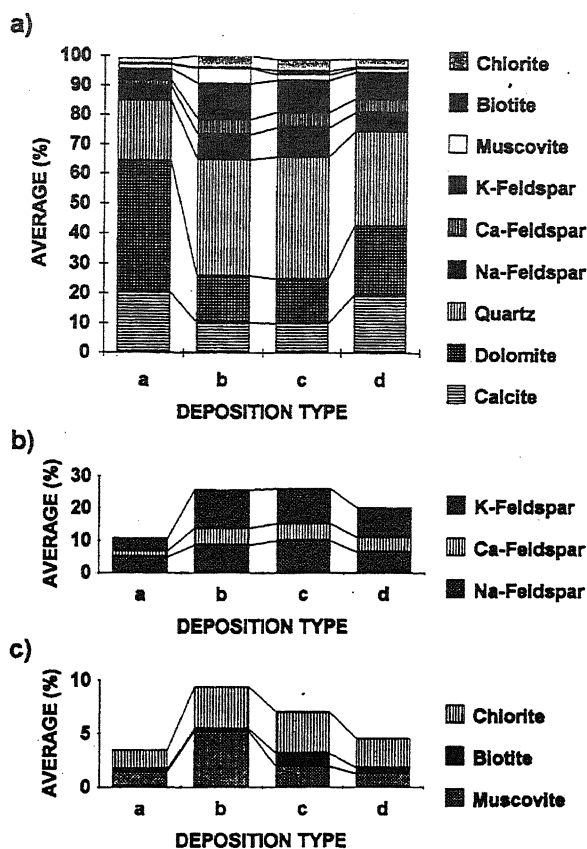


Fig. 4 - Composizione mineralogica media secondo il tipo di deposizione dei sedimenti sabbiosi: a) di tutti i minerali presenti; b) dei feldspati totali; c) della muscovite, biotite e clorite.

Average mineralogical composition according to the type of deposition of the sand sediments: a) all minerals present; b) total feldspar; c) muscovite, biotite and chlorite.

Nord (sondaggi 11-18) ed indica per entrambi la prevalenza dei silicati sui carbonati.

Viceversa, nella deposizione olocenica "inferiore" è stata riscontrata una discreta differenza tra i due settori litoranei con la prevalenza dei carbonati silicati più marcata nella zona meridionale rispetto alla zona settentrionale.

Infine, la deposizione olocenica "superiore" presen-

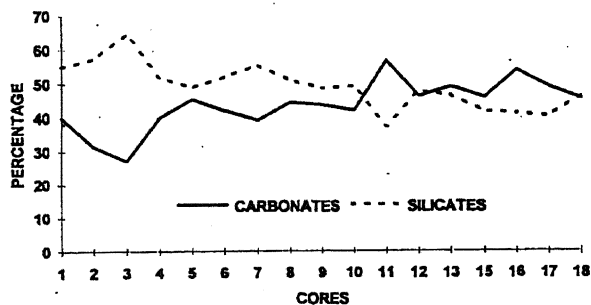


Fig. 5 - Variazione delle percentuali medie dei silicati e carbonati delle sabbie indistinte, tardo-pleistoceniche ed oloceniche, secondo Bonardi *et al.* (1992); ubicazione dei sondaggi in Fig. 2.

*Average percentage variations for silicates and carbonates of the Late Quaternary sand sediments (not differentiated) according to Bonardi *et al.* (1992); borehole locations in Fig. 2.*

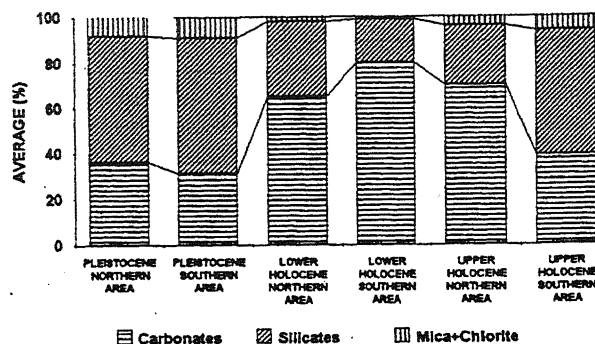


Fig. 6 - Composizione mineralogica media dei sedimenti tardo-pleistocenici ed olocenici per il settore settentrionale e meridionale del litorale veneziano.

Average mineralogical composition of the Upper Pleistocene and Holocene sand sediments for the southern and northern sectors of the Venetian littoral.

ta le differenze areali di composizione mineralogica media più evidenti con prevalenza dei carbonati nel settore settentrionale, e dei silicati in quello meridionale.

Le variazioni della composizione mineralogica ed il loro andamento lungo l'intero cordone litorale vengono rappresentate con una serie di grafici riportanti le percentuali mineralogiche medie di ogni sondaggio (Fig. 7).

E' evidente la diminuzione dei silicati ed il contemporaneo aumento dei carbonati, da Sud verso Nord, nella deposizione olocenica e l'andamento pressoché costante in quella pleistocenica. A differenza di quarzo, Ca-feldspati e K-feldspati il trend dei plagioclasti sodici si discosta dal quello dei silicati totali.

Le percentuali della calcite e della dolomite nei depositi marini olocenici (tipo a), indicano andamenti opposti, crescente da Sud verso Nord la dolomite e decrescente la calcite; in quelli continentali pleistocenici (tipo b) entrambi i minerali assumono invece valori medi abbastanza costanti per i settori meridionale e settentrionale.

Come si è potuto osservare, le maggiori differenze areali delle percentuali di quarzo, feldspati, calcite e dolomite sono riscontrabili nella sedimentazione marino-lagunare olocenica; per le miche e la clorite al contrario, queste differenze sono più marcate nella sedimentazione pleistocenica (tipo b).

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questo studio è stata eseguita la caratterizzazione mineralogica dei livelli sabbiosi appartenenti agli ultimi 30 m di sedimentazione tardo-quadernaria sottostante l'attuale cordone litorale veneziano. Questo spessore rappresenta due eventi deposizionali principali: la sedimentazione tardo-pleistocenica continentale würmiana e quella marino-lagunare della trasgressione flandriana.

Le analisi sono state eseguite utilizzando una microsonda elettronica equipaggiata con uno spettrometro a dispersione di energia. Questa strumentazione permette la corretta identificazione di tutti i minerali presenti.

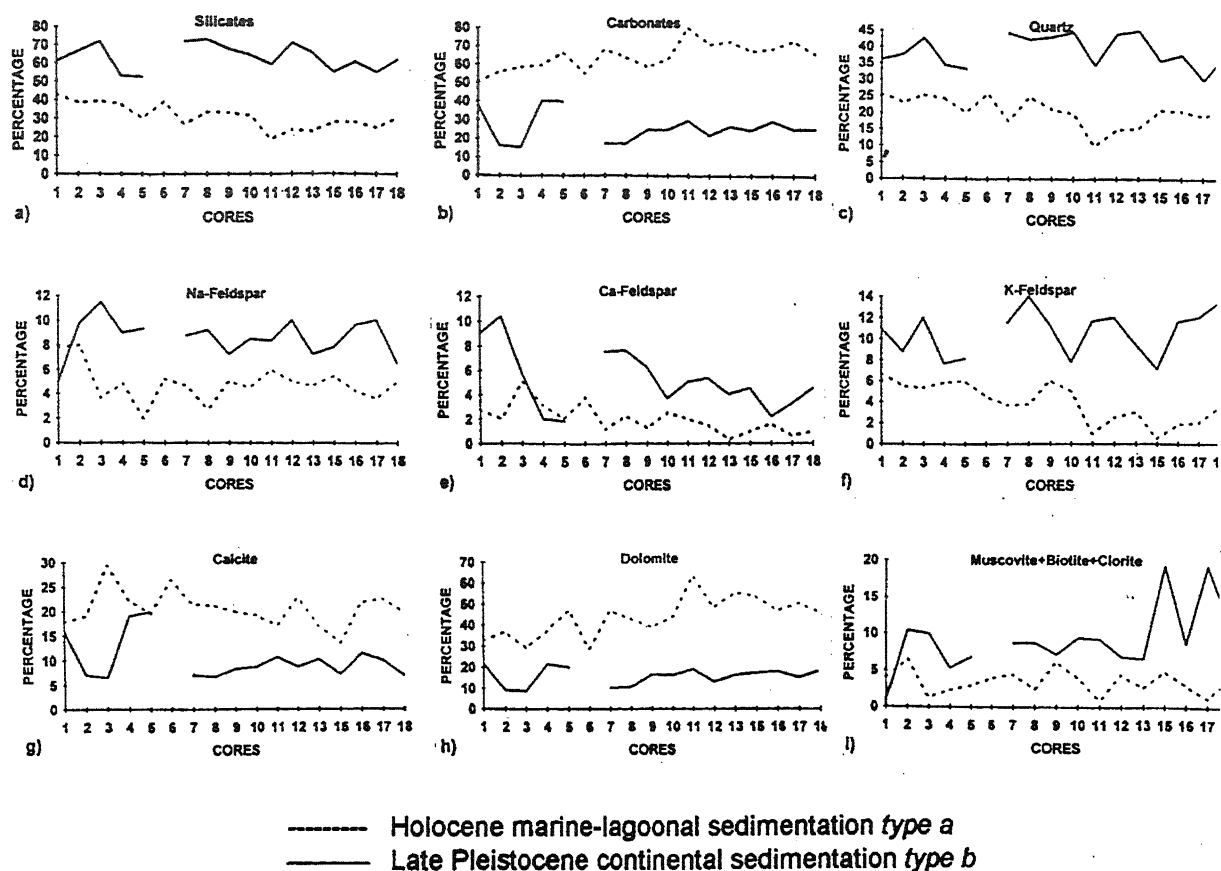


Fig. 7 - Variazioni delle percentuali medie dei principali minerali delle sabbie di deposizione marino-lagunare olocenica, tipo a) (linea tratteggiata) e continentale tardo pleistocenica, tipo b) (linea continua); ubicazione dei sondaggi in Fig. 2.

Average percentage variations of the minerals present in the sand sediments of the Holocene marine-lagoonal sedimentation, type a) (dashed line) and Late Pleistocene continental sedimentation, type b) (continuous line); borehole locations in Fig. 2.

Tuttavia la metodologia analitica seguita, identificando un minimo di 200 grani per campione, ha consentito l'analisi modale solo dei minerali più frequenti presenti quali: quarzo, feldspati (K, Na, Ca), calcite, dolomite, muscovite, biotite, clorite.

Le sabbie sono state caratterizzate distintamente sulla base dei quattro tipi di deposizione principali: marino-lagunare olocenica (*tipo a*), continentale pleistocenica (*tipo b*), fluvio-deltizia olocenica (*tipo c*) e di esondazione olocenica precedente la trasgressione marina (*tipo d*).

L'elaborazione statistica dei dati analitici ha evidenziato che in base alla composizione mineralogica i campioni si dispongono in due raggruppamenti maggiori distinti e corrispondenti alla deposizione continentale e a quella marino-lagunare. Infatti le sabbie tardo-pleistoceniche ed oloceniche depositate in ambiente fluvio-lacustre e deltizio presentano una composizione analoga ma differente da quella delle sabbie di deposizione marino-lagunare olocenica.

Sono emerse due variazioni molto significative: verticale in relazione alla profondità e areale tra il settore litoraneo meridionale e quello settentrionale.

Le differenze mineralogiche verticali sono molto marcate e consentono una buona discriminazione tra le

sabbie pleistoceniche fluvio-lacustre e quelle oloceniche marino-lagunari. Per le prime infatti, le percentuali dei silicati sono sempre prevalenti su quelle dei carbonati, viceversa, per le seconde, prevalgono i carbonati. In particolare questa netta differenza è stata sempre riscontrata per il quarzo, il feldspato potassico e la dolomite ma non per il plagioclasio sodico, il plagioclasio calcico, la calcite e le miche.

Le differenze mineralogiche areali lungo l'intero litorale sono ben marcate nelle sabbie di deposizione olocenica mentre sono poco apprezzabili per quelle tardo pleistoceniche. Più dettagliatamente, si è potuto constatare che la sedimentazione olocenica sia in ambiente marino-lagunare (*tipo a*) che in quello continentale (*tipo c* e *tipo d*) presenta una percentuale di silicati totali con un andamento decisamente decrescente da Sud verso Nord mentre quella pleistocenica (*tipo b*) non è caratterizzata da alcun *trend* particolare. Al contrario i carbonati, ed in particolare la dolomite, aumentano da Sud verso Nord nella sedimentazione olocenica e sono pressoché costanti in quella pleistocenica.

Variazioni significative nella deposizione pleistocenica sono state invece riscontrate nelle percentuali delle miche ed in particolare della muscovite che aumentano

passando dal settore meridionale a quello settentrionale.

In conclusione la differenza verticale delle percentuali mineralogiche medie tra la sedimentazione tardo pleistocenica e quella olocenica è da attribuirsi alla successione dei diversi ambienti di deposizione legata principalmente alle variazioni climatiche, all'eustatismo e secondariamente a variazioni del rapporto tra i tassi di subsidenza e sedimentazione.

La diversità della composizione mineralogica media tra i settori settentrionale e meridionale è imputabile invece alle differenti caratteristiche petrografiche degli apporti solidi fluviali prevalentemente carbonatici a Nord e silicatici a Sud.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro eseguito col contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche nell'ambito del "Progetto Sistema Lagunare Veneziano", Il fase, Linea di Ricerca 4.6.

BIBLIOGRAFIA

- Bonardi M. & Carbognin L., 1992 - *Late Quaternary sediments differentiation and characterization by EMPA-EDS mineral assemblage study*. Electron Microscopy 1992, Proc. 10th EUREM 92, 2, 603, Granada.
- Bonardi M. & Tosi L., 1994a - *Effects of Late Quaternary climatic changes on an exposed clay layer in the lagoon of Venice (Italy)*. Proc. 14th International Sedimentological Congress, 1991, D17-20, Recife, Brazil.
- Bonardi M. & Tosi L., 1994b - *Climatic and sea level fluctuations evidenced in the mineralogical composition of the Late Quaternary sediments from the Venetian littoral (Italy)*. Proc. 14th International Sedimentological Congress, 1991, E5-7, Recife, Brazil.
- Bonardi M. & Tosi L., 1995 - *Image analysis: a tool for sedimentological investigations*. Microscopy and Analysis, 35, 37-39.
- Bonardi M., Soccorso C. & Aldighieri F., 1992 - *A new approach to the study of the sediments of the Lagoon of Venice (Italy)*. Marine Geoscience, 4(1), 36-39.
- Bonardi M., Tosi L. & Calliari I., 1994 - *Studio granulometrico mediante I. A. (Image Analysis) delle sabbie tardo quaternarie del cordone litoraneo della Laguna di Venezia*. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, C.N.R., Techn. Rep. 187, Venezia.
- Bortolami G., Carbognin L. & Gatto P., 1984 - *The natural subsidence in the Lagoon of Venice, Italy*. Proc. 3th International Symp. on Land Subsidence, IAHS, Publ. 151, 777-785.
- Bortolami G.C., Fontes J.C.H., Merkgraf V. & Saliege J.F., 1977 - *Land sea and climate in the northern Adriatic region during late Pleistocene and Holocene*. Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol., 21, 139-156.
- Ciabatti M., Curzi P.V. & Ricci Lucchi F., 1986 - *Sedimentazione quaternaria nell'Adriatico Centrale*. Atti Riun. Gr. Sedim. C.N.R., Ancona, 1986, 125-139.
- Fairbridge R.W., 1971 - *Quaternary shoreline problems at Inqua, 1969*. Quaternaria, XV, 1-18, Roma.
- Ferretti M., Moretti E., Savelli D., Stefanon A., Tramontana M. & Wezel F.C., 1986 - *Late Quaternary alluvial sequences in the north-western Adriatic Sea from Uniboom profiles*. Boll. Oceanol. Teor. Appl., 4, 63-72.
- Fontes J.C.H. & Bortolami G., 1973 - *Subsidence in the Venice area during the past 40.000 years*. Nature, 244, 339-341.
- Gatto P., 1980a - *Il sottosuolo del litorale veneziano*. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, C.N.R., Techn. Rep. 108, Venezia.
- Gatto P., 1980b - *I processi costieri nel tratto antistante il litorale di Venezia*. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, C.N.R., Techn. Rep. 109, Venezia.
- Gatto P., 1984 - *Il cordone litoraneo della laguna di Venezia e le cause del suo degrado*. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, Rapporti e Studi, IX, 163-193, Venezia.
- Gatto P. & Carbognin L., 1981 - *The Lagoon of Venice: natural environmental trend and man-induced modification*. Hydr. Sc. Bull., 26(4), 370-391.
- Gatto P. & Previatello P., 1974 - *Significato stratigrafico, comportamento meccanico e distribuzione nella laguna di Venezia di un'argilla sovraconsolidata nota come "caranto"*. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, C.N.R., Techn. Rep. 70, Venezia.
- Marabini F. & Veggiani A., 1991 - *Evolutional trend of the coastal zone and influence of the climatic fluctuations*. Proc. 2nd International Symp. on Coastal Ocean Space Utilization, 1991, Long Beach, CA (USA).
- Savelli D., Tramontana M. & Wezel F.C., 1987 - *Cyclicality of Late-Quaternary deposition in the central Adriatic Sea (Italy)*. 26th British Sedim. Res. Group, Annual Meet., Aberdeen, 1987, Publ. Dep. Geol. Mineral. Univ. Aberdeen, 12-87, 120.
- Tosi L., 1993 - *Caratteristiche geotecniche del sottosuolo del litorale veneziano*. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, C.N.R., Techn. Rep. 171, Venezia.
- Tosi L., 1994a - *Rapporto e prime interpretazioni sulle analisi paleontologiche condotte su campioni tardo-quaternari del sottosuolo del litorale veneziano*. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse C.N.R., Techn. Rep. 182, Venezia.
- Tosi L., 1994b - *L'evoluzione paleoambientale tardo quaternaria del litorale veneziano nelle attuali conoscenze*. Il Quaternario, 7(2), 589-596.
- Tosi L., 1994c - *I sedimenti tardo quaternari dell'area litorale veneziana: analisi delle caratteristiche fisico-mecchaniche*. Geologia Tecnica & Ambientale, 3, 47-60.

Ms. ricevuto: Agosto 1995
 Inviato all'A. per la revisione: Ottobre 1995
 Testo definitivo ricevuto: Novembre 1995

Ms. received: August, 1995
 Sent to the A. for a revision: October, 1995
 Final text received: November, 1995