

## L'EVOLUZIONE PALEOAMBIENTALE TARDO-QUATERNARIA DEL LITORALE VENEZIANO NELLE ATTUALI CONOSCENZE

L. Tosi

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

**RIASSUNTO** - *L'evoluzione paleoambientale tardo quaternaria del litorale veneziano nelle attuali conoscenze* - *Il Quaternario*, 7(2), 1994, 589-596 - Negli anni settanta lungo il cordone litoraneo veneziano sono stati terebrati 18 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a circa 25 metri di profondità. Le analisi diverse condotte sui campioni recuperati, e gli studi specifici a carattere paleontologico, sedimentologico, geotecnico e radiometrico sono oggetto di lavori noti in letteratura. In questo lavoro se ne correlano i risultati per studiare l'evoluzione ambientale dell'area litoranea veneziana avvenuta negli ultimi 30.000 anni circa, periodo che comprende l'ultima fase della glaciazione würmiana e la trasgressione marina Flandriana. Ai sedimenti tardo pleistocenici è stata attribuita la deposizione unicamente continentale, di tipo fluviale, lacustre o palustre, mentre a quelli olocenici è riferibile in generale la deposizione marina, lagunare e localmente continentale. La successione spaziale e temporale dei paleoambienti ha consentito di sviluppare un modello evolutivo dell'area litorale veneziana. In generale è stata riscontrata una diversità tra gli ambienti deposizionali della zona meridionale e quelli della zona settentrionale, sia nella sedimentazione tardo pleistocenica che in quella olocenica, le cui cause sono state attribuite principalmente alla paleomorfologia dell'area veneziana. Nei depositi trasgressivi olocenici sono state riconosciute due fasi principali, distinguibili a scala comprensoriale per la dinamica della risalita marina e a scala locale per la dinamica fluviale, e dei cicli regressivi-trasgressivi minori più discontinui.

**ABSTRACT** - *Late Quaternary palaeo-evolution of the Venetian littoral. A review* - *Il Quaternario*, 7(2), 1994, 589-596 - The evolution of the Venetian littoral in the last 30,000 years has been inferred on the basis of paleontological, sedimentological, geotechnical and radiocarbon dating analyses performed on hundreds of sediment samples from 18 cores obtained with boreholes up to the depth of 25 m, and of related literature. Late-Pleistocene sediments are made up of continental fluvial, lacustrine and marshy deposits, while Holocene soils belong to a marine-lagoon environment with local evidence of a continental sedimentation. Different depositional environments are identified in the southern portion and northern portions of the Venetian littoral for both Pleistocene and Holocene times. In particular, the Holocene includes two marine transgressions recognizable on a regional scale as due to a sea level rising, and on a local scale as due to fluvial dynamics. Some minor discontinuous regression-transgression cycles are also identified.

Parole chiave: Tardo Pleistocene, Olocene, trasgressione Flandriana, paleoambienti, Venezia, Italia  
Key-words: Late Pleistocene, Holocene, Flandrian transgression, palaeoenvironments, Venice, Italy

### 1. INTRODUZIONE

La laguna di Venezia ed il suo prossimo entroterra sono stati e sono tuttora oggetto di numerosi sondaggi geognostici e di numerosissime analisi multidisciplinari dei sedimenti campionati, finalizzati spesso ad una ricostruzione paleoambientale (Ascoli, 1966; Cita & Premoli Silva, 1966; Bertolani Marchetti, 1967; Bonatti, 1968; Pelosio, 1968; C.N.R., 1971; Alberotanza *et al.*, 1977; Favero *et al.*, 1973; Favero & Passega, 1974; Serandrei Barbero, 1975; Pirazzoli *et al.*, 1979).

Lo studio paleoambientale della laguna veneta riveste un ruolo di notevole importanza sia in termini prettamente sedimentologici-stratigrafici sia applicativi per valutare la compattazione, e quindi la subsidenza, dei sedimenti più recenti, da tenere in considerazione nell'elaborazione dei modelli ed opere ingegneristiche.

Considerata l'ampiezza dell'area lagunare nonché la complessità e la diversità zonale della sua evoluzione, si sono potute eseguire le ricostruzioni paleoambientali solo settorialmente suddividendo la laguna in zone più o meno vaste (Fontes & Bortolami, 1972; Alberotanza *et al.*, 1977; Favero & Serandrei Barbero, 1978; 1980; 1981; 1983; Albani & Serandrei Barbero, 1981; 1990).

In generale lo studio paleoevolutivo del tardo Quaternario, ed in particolare della trasgressione olocenica,

risulta difficoltoso quando si vogliono definire in dettaglio i vari ambienti deposizionali succedutesi in un periodo di tempo relativamente breve, spesso rappresentati da limitati spessori di sedimenti.

Nel caso dell'area lagunare veneziana, la sedimentazione discontinua e spesso lacunosa di ambiente poco profondo o addirittura continentale ha complicato questo tipo di studio. D'altra parte non potendo distinguere il Pleistocene dall'Olocene con criteri puramente paleontologici ci si è avvalsi della marcata differenza tra i paleoambienti di questi due periodi per discriminarli.

Per uno studio multidisciplinare, lungo il cordone litoraneo veneziano, furono eseguiti negli anni settanta 18 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (Fig. 1) spinti mediamente fino a -25 metri dal piano campagna.

In questo modo alcune delle difficoltà sopra accennate sono state superate; infatti la posizione strategica del litorale, avanzata rispetto all'entroterra, e la morfologia particolare della paleopianura würmiana sottostante, hanno consentito il campionamento del tardo Pleistocene e dell'Olocene qui rappresentato da spessori anche elevati (fino a 20 metri).

La ricostruzione delle varie fasi evolutive ambientali degli ultimi 25-30.000 anni relative all'attuale cordone litoraneo e alla laguna retrostante è stata eseguita grazie ad una serie di studi specifici multidisciplinari pro-

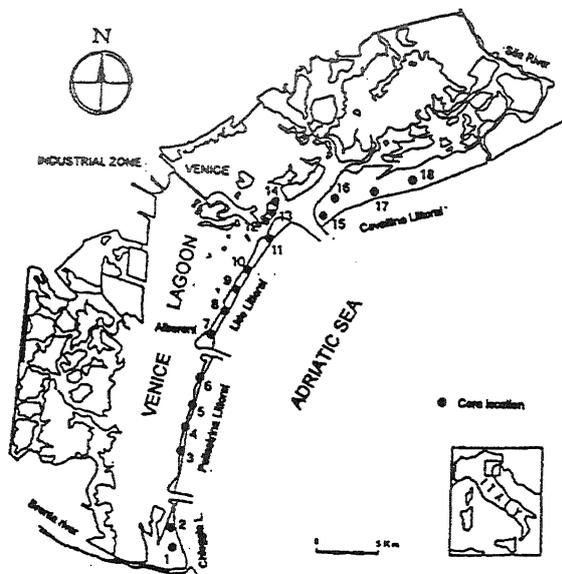


Fig. 1 - Ubicazione dei 18 sondaggi "lito" (da Gatto, 1980a).  
Borehole location (after Gatto, 1980a).

tratti fino agli anni novanta sui campioni prelevati nei 18 sondaggi. Sono stati quindi correlati qui per la prima volta i diversi studi a carattere sedimentologico-stratigrafico (Gatto, 1980a; 1984; Bonardi *et al.*, 1994), paleontologico (Tosi, 1994a), geotecnico (Tosi, 1993; 1994b) e

del fenomeno della subsidenza (Gatto & Carbognin, 1981; Bortolami *et al.*, 1984). Per la ricostruzione ambientale è stato inoltre utilizzato in parte lo studio mineralogico degli stessi campioni (Bonardi *et al.*, 1992; Bonardi & Carbognin, 1992; Carbognin & Taroni, 1993; Bonardi & Tosi, 1994), e quello dei processi costieri (Gatto 1980b).

La definizione dei paleoambienti di deposizione, schematizzata in Figura 2, si è basata sulle analisi di 38 campioni appartenenti alla deposizione tardo pleistocenica di cui 7 sono di *caranto*<sup>(1)</sup>, e di 69 appartenenti alla deposizione olocenica di cui 14 sono di quel livello continentale di rotta fluviale o di esondazione trovato sopra il *caranto* ("zona di esondazione", Gatto, 1980a).

Di queste analisi, già riportate in Tosi (1994a), si ricorda che è stata effettuata la descrizione del residuo di lavaggio, della frazione inorganica e della frazione organica. Della frazione organica inoltre sono state descritte tutte le possibili classi di organismi rinvenute nei campioni con la stima della frequenza (Molluschi, Briozoi, Echinodermi, Foraminiferi, Ostracodi, Pteropodi e Diatomee) con particolare attenzione per i Foraminiferi ed Ostracodi e alle loro associazioni. Oltre a queste ana-

(1) Il *caranto* è un paleosuolo che chiude la serie pleistocenica e si può considerare uno strato guida per il limite Pleistocene-Olocene (Gatto & Previatello, 1974).

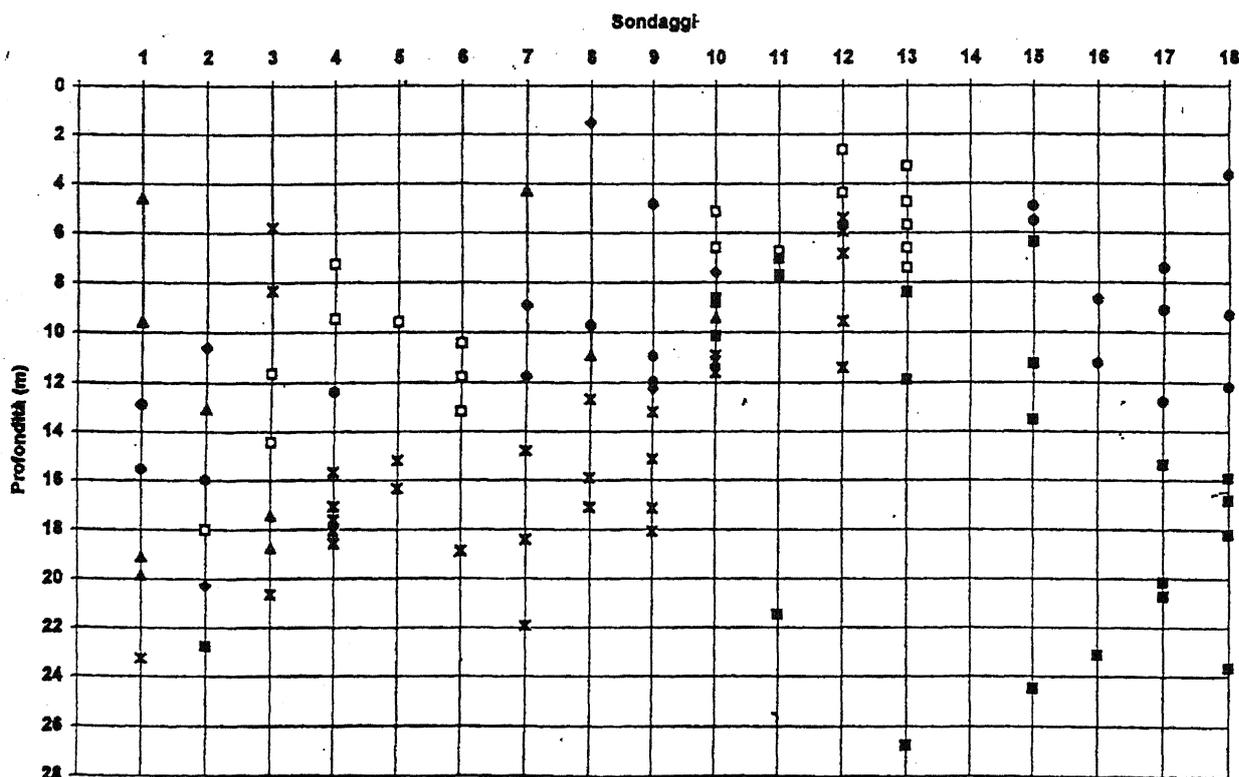


Fig. 2 - L'evoluzione dei paleoambienti dedotta dall'interpretazione delle analisi paleontologiche e sedimentologiche. Triangoli pieni = litorale superiore; rombi pieni = medio litorale; punti = marino ristretto; quadrati bianchi = lagunare; quadrati pieni = lacustre-palustre; x = fluviale.  
Palaeoenvironmental evolution as inferred from palaeontological and sedimentological analyses. Solid triangles = upper littoral; solid rhombs = middle littoral; solid spots = closed marine; open squares = lagoonal; solid squares = lacustrine-paludal; x = fluvialite.

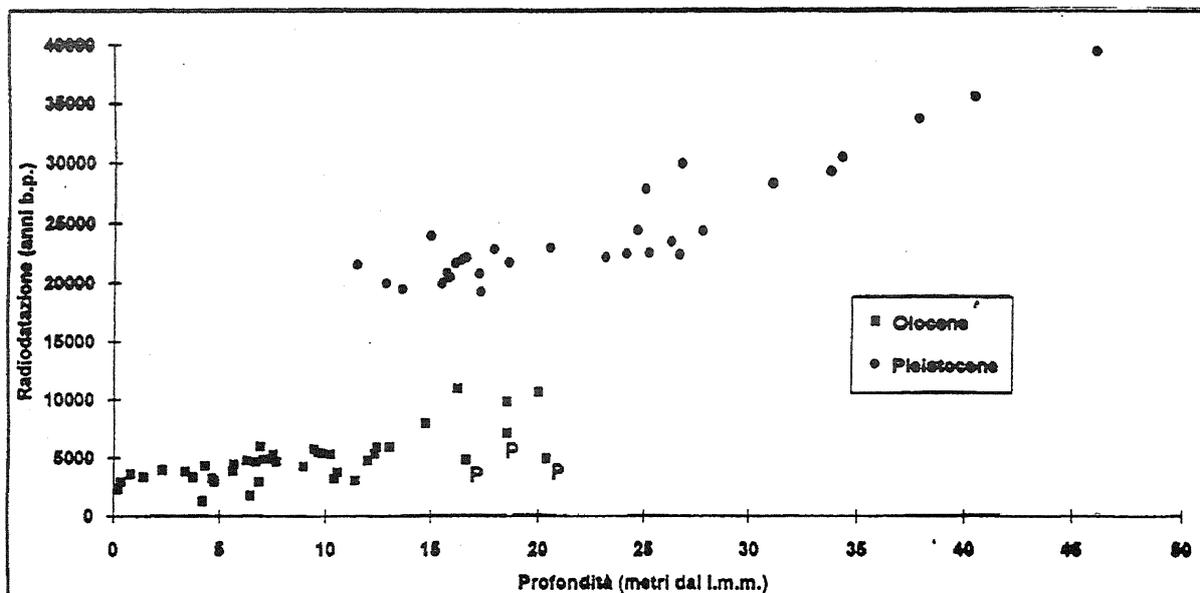


Fig. 3 - Relazione tra la radiodattazione di torbe, conchiglie e materiale organico dei depositi sottostanti il cordone litoraneo da Cavallino a Chioggia e profondità rispetto al livello medio mare. Le radiodattazioni, eseguite per valutare i tassi di subsidenza, sono state utilizzate in correlazione con i paleoambienti, per stimare l'età dei depositi marino-lagunari sovrastanti quelli continentali. Con P sono state indicate le datazioni del materiale di riempimento di paleoalvei.

*Relationship between age and depth (vs. m.s.l.) of samples of peat, shell and organic matter from the Venetian littoral subsoil. Radiocarbon datings are used to estimate subsidence rates and to date the marine-lagoonal deposits overlying the continental ones. P indicates datings of the material filling palaeoriverbeds.*

lisi, hanno contribuito alla definizione dei paleoambienti di deposizione anche gli studi sedimentologico-stratigrafico (Gatto, 1980a; 1984; Bonardi *et al.*, 1994), geotecnico (Tosi, 1993; 1994b) e mineralogico (Bonardi *et al.*, 1992; Bonardi & Carbognin, 1992; Bonardi & Tosi, 1994). Infine sono state utilizzate parte delle analisi  $^{14}\text{C}$ , riportate nel lavoro sulla subsidenza di Bortolami *et al.* (1984), integrate con 12 radiodattazioni da noi eseguite successivamente su materiale organico, torbe e conchiglie e qui utilizzate per la prima volta (Fig. 3).

## 2. L'EVOLUZIONE DELL'AREA LITORANEA

Lo studio per la ricostruzione evolutiva del litorale veneziano si è sviluppato nelle seguenti fasi:

- determinazione dei paleoambienti di deposizione dei sedimenti effettuata sulla base delle analisi paleontologiche, sedimentologiche e stratigrafiche, nonché utilizzando le caratteristiche geotecniche dei sedimenti coesivi;
- interpretazione e mappatura delle varie posizioni della linea di costa durante la trasgressione Flandriana, tracciata utilizzando l'età dei primi depositi marino-lagunari sovrastanti quelli continentali.

Negli ultimi 30 metri di sedimentazione sotto l'attuale litorale veneziano si possono riconoscere tre eventi deposizionali principali che rappresentano le situazioni ambientali del tardo Pleistocene e del successivo Olocene:

a) Situazione di prolungata emersione, corrispondente all'ultima glaciazione würmiana, che a volte si con-

clude con la trasformazione delle argille subaeree in *caranto*.

b) Fase iniziale della trasgressione olocenica post-glaciale che si riflette localmente con la deposizione di un sottile livello continentale di esondazione, più o meno continuo originato da fenomeni di sovralluvionamento, oppure con la deposizione di sabbie in ambiente di tipo marino-lagunare. Questa prima fase, caratterizzata da un rapido innalzamento eustatico e da un tasso di subsidenza che, stimato con le radiodattazioni eseguite su materiali organici campionati a varie profondità, poteva raggiungere i 3 mm/anno (Bortolami *et al.*, 1984), si esplica per 5.000 anni circa e si conclude con la massima ingressione marina durante la quale la linea di costa si trova all'interno della laguna attuale (Favero & Serandrei Barbero, 1978).

c) Fase conclusiva della trasgressione olocenica, che dura fino ai nostri giorni, caratterizzata da depositi marino-litoranei prevalenti su quelli lagunari, quest'ultimi maggiormente sviluppati nella zona retrostante. In questa fase l'innalzamento eustatico è più lento ed il tasso di subsidenza decresce fino a valori medi di 1 mm/anno (Gatto & Carbognin, 1981; Bortolami *et al.*, 1984; Carbognin, 1987; 1992).

All'interno delle due fasi trasgressive su descritte sono evidenti dei rapidi cicli regressivi-trasgressivi secondari dovuti a variazioni climatiche minori che hanno influito sui processi di sedimentazione.

Secondo le radiodattazioni, l'età dei materiali pleistocenici recuperati dai 18 sondaggi "lito" utilizzati è compresa tra 30.000 anni B.P. circa per i più profondi e

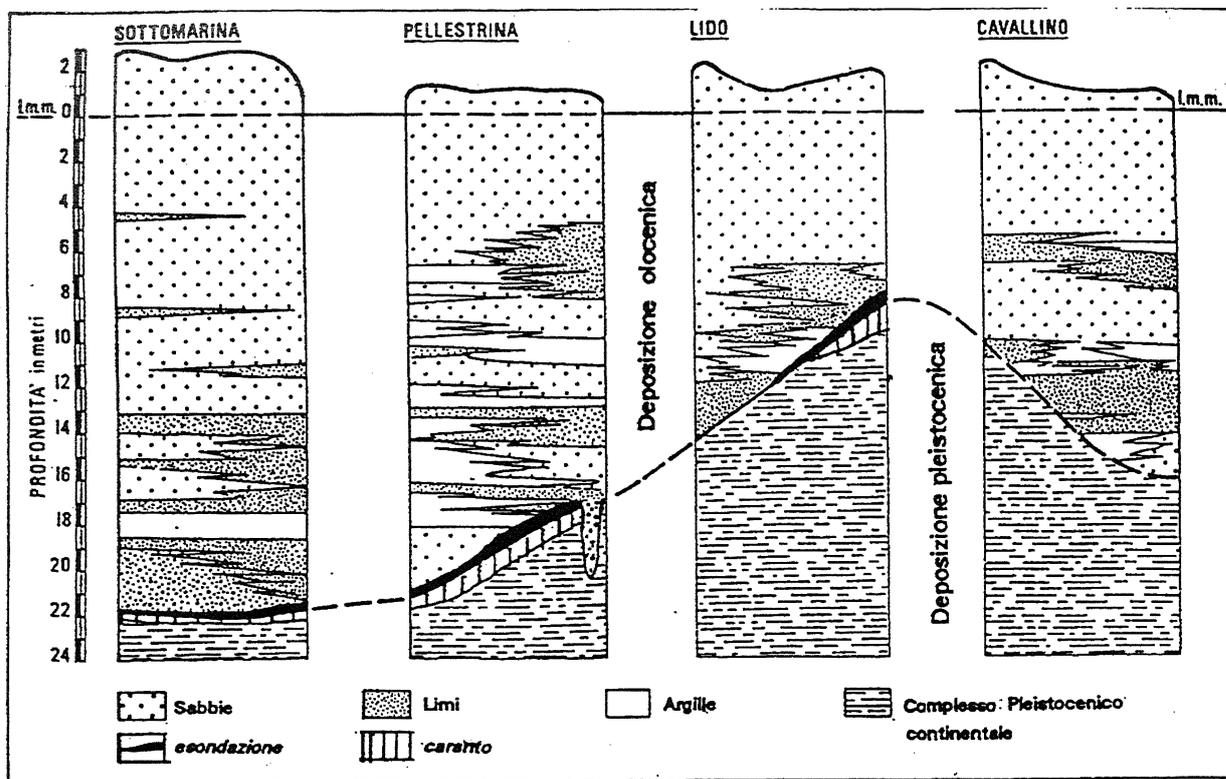


Fig. 4 - Rappresentazione schematica del sottosuolo litoraneo desunta dalle stratigrafie dei 18 sondaggi "lito" (da Gatto, 1980a, modificata). Stratigraphic interpretation of the littoral subsoil based on the 18 borehole cores (Gatto, 1980a; modified).

18.000 anni B.P. circa per quelli più prossimi al limite con l'Olocene. Questo intervallo di tempo è caratterizzato da un clima glaciale prima freddo secco e successivamente freddo molto secco (Bortolami *et al.*, 1977) tanto da provocare un notevole abbassamento del livello di base con la conseguente erosione e approfondimento degli alvei fluviali.

In questo periodo il livello del mare era circa 110-120 metri più basso dell'attuale (Van Straaten, 1967) e la linea di costa, posizionata circa all'altezza di Pescara, coincideva grossomodo con il bordo della Fossa del Pomo (Leonardi, 1970).

La paleopianura alto adriatica würmiana era solcata da numerosi fiumi i cui paleoalvei sepolti sotto gli attuali depositi marini sono stati evidenziati da indagini microsmiche di dettaglio (Stefanon, 1984).

Purtroppo il materiale organico presente nell'ultimo livello sedimentario pleistocenico, ed in particolare nel *caranto*, prelevato appena eseguiti i carotaggi per le datazioni con il  $^{14}\text{C}$  non diede risultati attendibili e attualmente non sono ancora disponibili nuovi dati riguardo questo livello.

Una lacuna stratigrafica tra 18.000 e 11.000 anni B.P. circa è ben interpretabile in Figura 3 dove sono state riportate le radiodazioni dei campioni litorali in funzione della profondità di prelievo. Questa lacuna, dovuta all'assenza di deposizione combinata all'erosione, ha un'ampiezza temporale diversa a seconda dei settori litorali interessati.

Il limite Pleistocene-Olocene tracciato sulla base di considerazioni paleontologiche, litostratigrafiche, sedimentologiche e geotecniche, presenta analogamente una giacitura variabile con due aree depresse separate da un alto morfologico in corrispondenza dell'attuale bocca di Lido (Fig. 4). Tale discordanza si può dedurre in parte anche dalle radiodazioni riportate in Figura 3 dove appare chiaramente che campioni olocenici e pleistocenici si trovano alla stessa profondità.

Dalle analisi paleoambientali (Tosi, 1994a; 1994b; Bonardi & Tosi, 1994) è emerso inoltre che anche le deposizioni avvenute nelle aree estreme litoranee sono state condizionate dalla presenza dell'alto morfologico. Infatti la sedimentazione tardo pleistocenica nella zona meridionale era prevalentemente di tipo fluviale, caratterizzata da depositi medio-fini, e solo occasionalmente di tipo lacustre probabilmente nelle aree più depresse, mentre nella zona settentrionale gli ambienti di deposizione erano marcatamente di tipo lacustre e talora palustre (v. Fig. 2), tipici di un'area più piatta con corsi d'acqua male canalizzati e con sedimenti meno drenabili.

Queste diversità paleoambientali da sud a nord, sono testimoniate anche dal *caranto* i cui terreni di formazione, oltre ad avere delle particolari caratteristiche geotecniche, hanno subito una prolungata esposizione subaerea e questo paleosuolo, che è discontinuo in tutto il comprensorio, è sempre presente nell'area centro-meridionale. Qui, nel settore litoraneo di Sottomarina, il *caranto* è di deposizione tipo litorale-salmastra, passando a

tipo fluvio-lacustre nella zona di Pellestrina e a quello di tipo lacustre nella zona più elevata di Lido-S.Andrea. Queste differenze, come quelle riscontrate anche nelle proprietà geotecniche (consistenza, sovraconsolidazione, plasticità) (Gatto & Previatello, 1974; Tosi, 1993; 1994b), sono da attribuire in parte all'ingressione marina che non essendo stata isocrona ha permesso un'esposizione più prolungata nelle aree meno depresse e più interne, ed in parte al grado di rimaneggiamento che il *caranto* deve aver subito durante la trasgressione. A questo proposito, nei sondaggi più meridionali (caratterizzati di ambiente litorale-salmastro) sono stati trovati nella "zona di esondazione" livelli caotici con breccie strappate dal sottostante piastrone continentale che stanno ad indicare un alto grado di rimaneggiamento.

A partire da circa 15-17.000 anni fa la temperatura media cominciò ad aumentare ed il miglioramento climatico portò allo scioglimento dei ghiacciai continentali con il conseguente innalzamento del livello marino. La massima ingressione fu raggiunta circa 5-6.000 anni fa (Veggiani, 1971) e con una temperatura di circa 2-3°C superiore alla media attuale (Pinna, 1984).

Nell'area corrispondente all'attuale cordone litoraneo, l'ingressione marina è generalmente marcata da sabbie conchigliifere e, limitatamente al settore centro-meridionale, da una sottile coltre limoso-argillosa, già indicata come "zona di esondazione". Questo livello, quasi esclusivamente di tipo fluvio-lacustre è riferibile a depositi di sovralluvionamento del reticolo fluviale; l'ipotesi già menzionata del grosso rimaneggiamento dei sedimenti sembrerebbe confermata dall'individuazione nella zona di Chioggia, di un campione di ambiente litorale.

Come è stato evidenziato (v. Fig. 3), durante il passaggio dal Pleistocene all'Olocene si è verificata una lacuna stratigrafica che è stata attribuita alla non deposizione e all'erosione durante l'esposizione subaerea pleistocenica combinata a particolari condizioni climatiche. Questa lacuna stratigrafica continua in alcuni punti anche per parte dell'Olocene ed è maggiore nella zona centrale di morfologia più elevata.

La datazione relativa ai primi livelli sedimentari di tipo marino-lagunare sovrastanti quelli continentali ha permesso di delineare le varie posizioni della linea di costa durante la trasgressione Flandriana e quindi di ricostruire l'evoluzione geografica dell'area litorale veneziana (Fig. 5).

Oltre che sulle analisi precedentemente citate, la ricostruzione delle fasi evolutive dell'intera area litorale e lagunare si è basata anche sull'analisi delle profondità del limite Olocene-Pleistocene definita utilizzando numerosi profili microsismici ad altissima definizione (lavoro in fase di stesura; com. pers. degli AA. Carbognin e Stefanon).

Circa 10.000 anni B.P. i primi depositi marini flandriani hanno ricoperto la zona meridionale più depressa (area di Chioggia e il settore sud del litorale di Pellestrina), mentre il litorale di Lido (zona Malamocco-Alberoni) e quello del Cavallino non sono stati raggiunti prima di 7.000 anni B.P. Nella zona litoranea centrale, di morfologia più elevata,

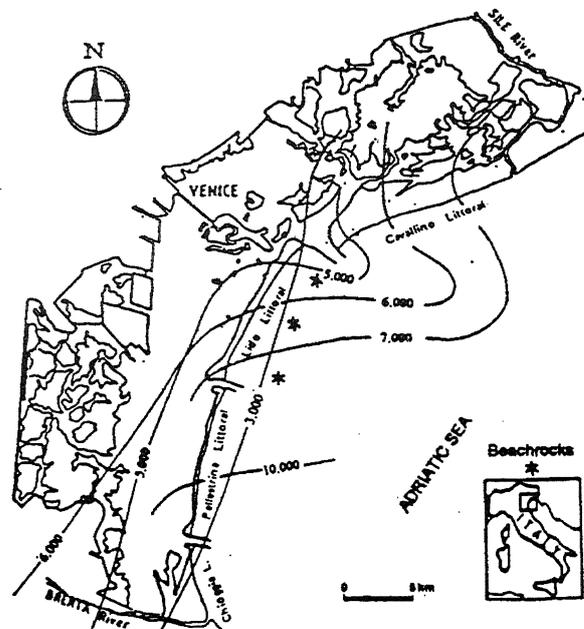


Fig. 5 - Rappresentazione schematica dell'evoluzione della linea di costa durante la trasgressione Flandriana.

*Schematic representation of the shoreline evolution during the Flandrian transgression.*

permangono le condizioni continentali in cui prevalgono i processi erosivi.

Una volta raggiunto l'*optimum* climatico circa 6.000 anni B.P., la trasgressione viene regolata dall'equilibrio tra i processi di subsidenza-trasporto solido-sedimentazione. Nella fascia di transizione mare-terraferma iniziano a formarsi, a seconda del processo prevalente, degli ambienti più differenziati di quelli presenti in precedenza: litorali, lagunari, lacustri, palustri e fluviali. L'evoluzione dell'area litoranea presenta un comportamento differente tra il settore meridionale e quello centro-settentrionale, attribuibile per lo più ai processi fluviali.

Nell'area centro-settentrionale prevale la tendenza trasgressiva marina fino a che viene ricoperto anche l'alto morfologico, e l'aggradazione dei depositi è legata al graduale esaurimento di un grosso ramo fluviale della Brenta (*Medoacus?*) le cui tracce sono tutt'oggi riconoscibili.

A sud, invece, la tendenza regressiva della linea di costa inizia dopo che è stata raggiunta la massima espansione marina. Ciò si spiega in quanto il cospicuo apporto solido dei fiumi Adige, Brenta e Bacchiglione non è più equilibrato dall'innalzamento eustatico per cui iniziano a progredire i loro apparati di foce.

Sia durante questa prima fase di risalita generale del mare sia successivamente sono state riconosciute delle alternanze verticali di paleoambienti che indicano dei cicli minori regressivo-trasgressivi.

Un esempio di questi cicli secondari è ben rappresentato in Figura 6 dove è schematizzato il profilo stratigrafico trasversale del litorale di Lido nella zona Sud degli Alberoni. All'interno dei depositi trasgressivi Flandriani di base, si possono riconoscere dei cicli trasgressivi-regres-

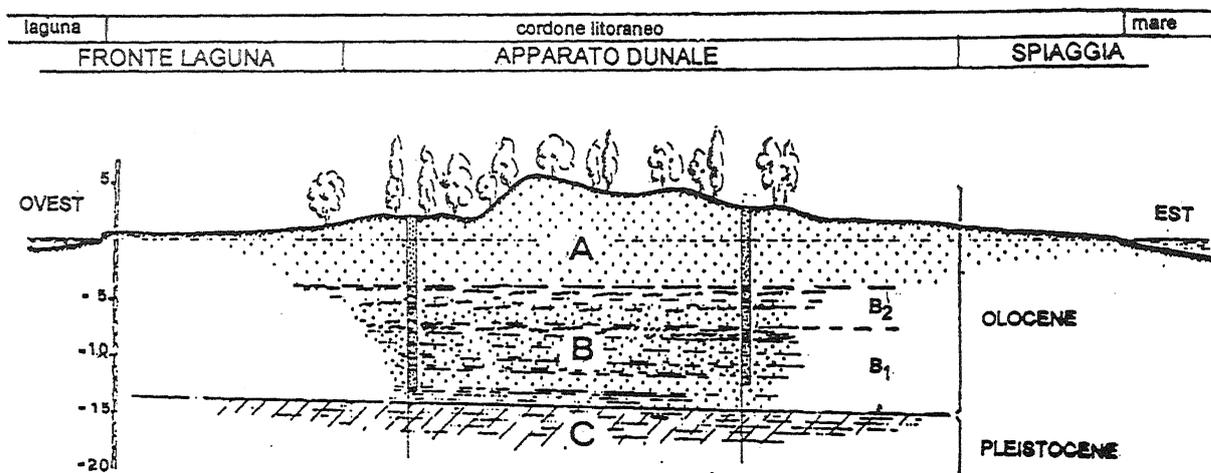


Fig. 6 - Sezione stratigrafia trasversale del litorale di Lido in località Alberoni. Legenda: A) Complesso sabbioso; B) complesso misto; C) complesso pleistocenico limo-argilloso.

Stratigraphic cross-section of the Alberoni Lido littoral. Legend: A) Sandy complex; B) Mixed complex; C) Silty-clayey complex of Pleistocenian age.

sivi minori (B1 e B2) costituiti da sabbie marine alla base, passanti verso l'alto a limi, argille e torbe continentali.

Anche i ritrovamenti di formazioni a *beachrock* (sedimenti di battigia cementati ad opera dei carbonati) al largo del litorale attuale, sono un esempio di antiche linee di costa ora sommerse. Un affioramento al largo di Lignano alla profondità di 13 m, datato con il  $^{14}\text{C}$   $3.840 \pm 90$  anni B.P. (Stefanon, 1970), e altri ritrovamenti poco al largo del litorale veneziano starebbero ad indicare che la linea di costa, oggi retrostante anche a quella di circa 3.000 anni B.P. (v. Fig. 5), è stata oggetto di una rapida regressione

A conferma di ciò è interessante notare che sotto l'attuale litorale di Lido, a profondità variabili dai 5 agli 8 metri (quindi in posizione più arretrata di questi ritrovamenti), sono stati trovati dei depositi fluvio-lacustri grossomodo isocroni e sovrastanti depositi marino lagunari.

Come riscontrato nel tardo Pleistocene, anche nell'Olocene i paleoambienti di deposizione presentano una certa diversità tra il settore Sud e quello Nord.

Dalle analisi paleoecologiche risulta nella zona meridionale una sedimentazione di tipo litorale intercalata da locali episodi continentali (ambiente di tipo vallivo o di delta), mentre nell'area settentrionale la deposizione è prevalentemente lagunare e più raramente marina-ristretta.

Gli apporti solidi fluviali agli estremi Nord e Sud del litorale, di entità decisamente superiore al tasso di compattazione naturale dei sedimenti di recente deposizione, hanno permesso successivamente l'accrescimento del litorale.

Nelle aree retrostanti il cordone litorale, non direttamente interessate dagli apporti detritici, la subsidenza geologica portava all'ampliamento degli specchi d'acqua verso la terraferma dando origine a formazioni lagunari.

Benchè gli apporti solidi al mare siano attualmente diminuiti moltissimo, l'accrescimento alare del litorale veneziano continua anche se con tassi molto ridotti ma, a differenza del passato, è ora regolato principalmente dai processi costieri condizionati dalle varie opere antro-

piche (Gatto, 1984).

L'evoluzione del litorale avvenuta negli ultimi due millenni circa esula da questo lavoro in quanto i campionamenti e le metodologie qui utilizzati non sono adatti per risolverne i dettagli. Quest'ultima fase evolutiva va investigata per mezzo di studi geomorfologici e correlata con documentazioni geografiche storiche, e topografiche.

### 3. CONCLUSIONI

L'interpretazione dell'evoluzione del litorale veneziano negli ultimi 30.000 anni circa esposta in questo lavoro, è stata effettuata correlando per la prima volta i risultati settoriali di diversi studi specifici, noti in letteratura e opportunamente richiamati nelle pagine precedenti. Questi studi sono stati condotti sui campioni di 18 sondaggi a carotaggio continuo che, ubicati lungo l'intero cordone litoraneo e spinti fino a 25 metri di profondità, hanno permesso di analizzare i depositi tardo pleistocenici e olocenici ivi presenti.

La determinazione degli ambienti di deposizione dei sedimenti si è basata su studi paleontologici, sedimentologico-stratigrafici e geotecnici mentre la stima dell'evoluzione temporale dei paleoambienti e dei tassi di subsidenza è stata ricavata da una serie di radiodazioni eseguite sul materiale organico, torbe e conchiglie provenienti dagli stessi sondaggi.

Il periodo considerato in questo lavoro comprende due fasi climatiche principali: l'ultima glaciazione würmiana e il postglaciale olocenico. Il passaggio climatico è stato ben individuato mettendo in relazione gli studi micropaleontologici, sedimentologici, stratigrafici, geotecnici e radiometrici.

Le datazioni dei sedimenti hanno mostrato la presenza di una lacuna stratigrafica che dagli ultimi depositi pleistocenici (18.000 anni B.P. circa) si conclude con i

primi depositi olocenici datati, a seconda dei casi, da 11.000 a 6.000 anni B.P. Il prolungamento nell'Olocene di questa lacuna stratigrafica è legato alla presenza di un rialzo morfologico della paleopianura würmiana pleistocenica in corrispondenza del litorale centrale rispetto agli estremi meridionale e settentrionale. Questo alto morfologico, già descritto da Gatto (1984), ha inoltre contribuito alla differenziazione dei paleoambienti isocroni sia durante il tardo Pleistocene continentale sia nell'Olocene marino-lagunare trasgressivo.

Durante la trasgressione marina Flandriana sono state riconosciute due fasi principali che si riflettono in due differenti stili deposizionali. Nella prima fase tra i fenomeni che regolano la risalita del mare è nettamente prevalente quello dell'eustatismo. Il repentino e radicale cambiamento climatico ha comportato una rapida ingressione marina con il rimaneggiamento iniziale dei depositi continentali sottostanti, ritrovati spesso con struttura caotica, e successivamente la deposizione di facies molto variegata. Sono infatti frequenti le alternanze verticali e le eteropie laterali di ritmi di tipo tidale con livelli più omogenei di sabbie litorali di alta energia e argille limose di ambiente ristretto e tranquillo.

Nella seconda fase invece, mentre l'innalzamento eustatico si riduce notevolmente, sono la subsidenza e gli apporti terrigeni a giocare un ruolo fondamentale nella formazione degli ambienti sedimentari. È stata infatti riscontrata una sedimentazione più monotona, costituita prevalentemente da sabbie più o meno limose di ambiente litorale o marino ristretto-lagunare in cui sono presenti occasionali eventi deposizionali continentali interpretabili come apporti fluviali diretti.

La dinamica di queste fasi trasgressive marine è stata ben evidenziata anche nella ricostruzione schematica dell'evoluzione della linea di costa. Infatti mentre il settore litoraneo centro-settentrionale mantiene il *trend* trasgressivo per tutto il periodo olocenico considerato, il settore meridionale inverte questo *trend* dopo l'*optimum* climatico di circa 6000 anni B.P.

All'interno di queste due fasi principali sono stati riconosciuti dei cicli regressivi-trasgressivi minori regolati probabilmente da variazioni climatiche secondarie che hanno influito sull'equilibrio tra gli apporti terrigeni e la subsidenza.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la Dott. L. Carbognin e il Prof. A. Stefanon per le discussioni e gli utilissimi suggerimenti in fase di stesura del testo ed il Prof. G.B. Pellegrini per la lettura del manoscritto.

Il lavoro è stato svolto nell'ambito del Progetto "Sistema Lagunare Veneziano", linea di Ricerca 2.7.

## BIBLIOGRAFIA

Albani A.D. & Serandrei Barbero R., 1981 - *Biotipi a Foraminiferi nella laguna di Venezia*. Ist. Veneto

Sci. Lett. ed Arti, Rapporti e Studi, VIII, 133-140, Venezia.

Albani A.D. & Serandrei Barbero R., 1990 - *I foraminiferi della laguna e del golfo di Venezia*. Mem. Sc. Geol., XLII, 271-341, Padova.

Alberotanza L. & Serandrei Barbero R., 1974 - *Rapporto preliminare sul sondaggio VE 2 CNR*. C.N.R., Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Tech. Rep., 87, Venezia.

Alberotanza L., Serandrei Barbero R. & Favero V., 1977 - *I sedimenti olocenici della Laguna di Venezia (bacinno settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It. 96, 243-269.

Ascoli P., 1966 - *Ostracodi olocenici continentali e salmastri di un pozzo perforato nella laguna di Venezia*. Mem. Biogeogr. Adriat., 7, 53-149, Venezia.

Bertolani Marchetti D., 1967 - *Vicende climatiche e floristiche dell'ultimo glaciale e del post glaciale in sedimenti della laguna veneta*. Mem. Biogeogr. Adriat., 7, 193-225, Venezia.

Bonardi M. & Carbognin L., 1992 - *Late Quaternary sediments differentiation and characterization by EMPA-EDS mineral assemblage study*. Proc. 10th EUREM 92, 2, 603, Granada.

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., 1994 - *I sedimenti tardo quaternari del cordone litoraneo della laguna di Venezia: le sabbie*. C.N.R., Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Tech. Rep. 184, Venezia.

Bonardi M., Tosi L. & Calliari I., 1994 - *Studio granulometrico mediante Image Analysis (I.A.) delle sabbie tardo quaternarie del cordone litoraneo della laguna di Venezia*. C.N.R., Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Tech. Rep. 187, Venezia.

Bonatti E., 1968 - *Late-Pleistocene and Postglacial Stratigraphy of a Sediment Core from the Lagoon of Venice (Italy)*. Mem. Biogeogr. Adriat., 7, Suppl., 9-26, Venezia.

Bortolami G.C., Fontes J.C.H., Markgraf 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.

Bortolami G.C., Carbognin L. & Gatto P., 1984 - *The natural subsidence in the Lagoon of Venice, Italy*. Land Subsidence, IAHS Publ. no 151, 777-785.

Carbognin L., 1987 - *Venezia, la sua laguna, i suoi problemi*. In: *Memorie, Interventi e Posters*, VI Congr. Naz. Ordine dei Geologi "Il Geologo e l'Ambiente: un ruolo, una professione, un impegno", Venezia, 25-27 sett/, 1987.

Carbognin L., 1992 - *Evoluzione naturale e antropica della laguna di Venezia*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XLII, 123-134.

Carbognin L. & Taroni G., 1993 - *A new method to investigate the equality of bivariate dependence. Application to sediment samples study*. Computers & Geosciences, 19, 547-566.

Cita M.B. & Premoli Silva I., 1966 - *Sui Foraminiferi incontrati in un pozzo perforato nella laguna di Venezia*. Mem. Biogeogr. Adriat. 7, 29-51.

C.N.R., 1971 - *Relazioni sul pozzo Venezia 1*. C.N.R.,

- Istituto per lo Studio Dinamica Grandi Masse, Tech. Rep. 14-21, Venezia.
- Fairbridge R.W., 1971 - *Quaternary shoreline problems at INQUA 1969*. Quaternaria, XV, VIII Congr. INQUA, Roma.
- Favero V., Alberotanza L. & Serandrei Barbero R., 1973 - *Aspetti paleoecologici, sedimentologici, e geochimici dei sedimenti attraversati dal pozzo VE 1bis CNR*. C.N.R., Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Tech. Rep. 63, Venezia.
- Favero V. & Passega R., 1974 - *Quaternary sedimentation controlled by subsidence, environment, glaciations, well CNR 1 Italy*. Atti IX Congr. Int. Sedim., 1, 73-78, 1975, Nizza.
- Favero V. & Serandrei Barbero R., 1978 - *La sedimentazione olocenica nella piana costiera tra Brenta e Adige*. Atti 69° Congr. Soc. Geol. It., 67-75.
- Favero V. & Serandrei Barbero R., 1980 - *Origine ed evoluzione della Laguna di Venezia - Bacino meridionale*. Lavori Soc. Ven. Sc. Nat. 5, 49-71, Venezia.
- Favero V. & Serandrei Barbero R., 1981 - *Evoluzione paleoambientale della Laguna di Venezia tra Burano e Canale S. Felice*. Lavori Soc. Ven. Sc. Nat., 6, 119-134, Venezia.
- Favero V. & Serandrei Barbero R., 1983 - *Oscillazioni del livello del mare ed evoluzione paleoambientale della Laguna di Venezia nell'area compresa tra Torcello ed il margine Lagunare*. Lavori Soc. Ven. Sc. Nat., 8, 83-102, Venezia.
- Fontes J.CH. & Bortolami G., 1972 - *Subsidence of the area of Venice during the past 40.000 years*. C.N.R., Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Tech. Rep. 54, Venezia.
- Gatto P., 1980a - *Il sottosuolo del litorale veneziano*. C.N.R., Istituto per lo Studio Dinamica Grandi Masse, Tech. Rep. 108, Venezia.
- Gatto P., 1980b - *I processi costieri nel tratto antistante il litorale di Venezia*. C.N.R., Istituto per lo Studio Dinamica Grandi Masse, Tech. 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.
- 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"*. C.N.R., Istituto per lo Studio Dinamica Grandi Masse, Tech. Rep. 70, Venezia.
- Gatto P., Previatello P., Carbognin L. & Mozzi G. 1976 - *Note illustrative sul sottosuolo delle bocche della laguna di Venezia*. C.N.R., Istituto per lo Studio Dinamica Grandi Masse, Tech. Rep. 67, Venezia.
- Leonardi P., 1970 - *Trattato di Geologia*. Ed. U.T.E.T., 1005 pp., Torino.
- Peloso G., 1968 - *Molluschi di una carota prelevata nella Laguna di Venezia*. Mem. Biogeogr. Adriatica, 7, Suppl., 1-8, Venezia.
- Pinna M., 1984 - *La storia del clima. Variazioni climatiche e rapporto clima-uomo in età postglaciale*. Mem. Soc. Geogr. It., 36, 1-264.
- Pirazzoli P., Planchais N., Rosset-Moulinier M. & Thommeret J., 1979 - *Interpretation paleogéographique d'une tourbe de Torson di Sotto (Lagune de Venise, Italie)*. Géologie Méditerranéenne, VIII, 3, 121-128, 1981.
- Serandrei Barbero R., 1974 - *Contributo alla conoscenza dei sedimenti olocenici della Laguna di Venezia (zona Canale Dese-Canale di Burano)*. C.N.R. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, TN 55, Venezia.
- Serandrei Barbero R., 1975 - *Il sondaggio Venezia 2: stratigrafia e paleoecologia*. Giorn. di Geol., Serie 2, 40(1), 163-180, Bologna.
- Stefanon A., 1970 - *The role of beachrock in the study of the evolution of the north Adriatic sea*. Mem. Biogeogr. Adriat., 8, 79-87.
- Stefanon A., 1984 - *Sedimentologia del mare Adriatico: rapporti tra erosione e sedimentazione olocenica*. Boll. Ocean. Teor. ed Appl., II, 4, 281-324.
- Tosi L., 1993 - *Caratteristiche geotecniche del sottosuolo del litorale veneziano*. C.N.R. Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Tech. Rep. 171 Venezia.
- Tosi L., 1994a - *Rapporto e prime interpretazioni sulle analisi paleontologiche condotte su campioni tardo quaternari del sottosuolo del litorale veneziano*. C.N.R., Istituto per lo Studio della Dinamica delle Grandi Masse, Tech. Rep. 182, Venezia.
- Tosi L., 1994b - *I sedimenti tardo quaternari dell'area litorale veneziana: analisi delle caratteristiche fisico-meccaniche*. Geologia Tecnica ed Ambientale, 2, 47-60.
- Van Straaten L. M. J. U., 1967 - *Sedimentation in the North-Western Part of the Adriatic Sea*. Proc. 17th Symp. of the Colston Res. Soc. at Univ. Bristol, 1965, Colston Papers, 17, 145-162.
- Veggiani A., 1971 - *Le ultime vicende geologiche del territorio Cervese e dell'area Adriatica antistante*. Estratto da Studi Romagnoli, XXII, 1-17, Faenza.

Manoscritto ricevuto il 30. 7. 1994  
 Inviato all'Autore per la revisione il 22. 11. 1994  
 Testo definitivo ricevuto il 17. 12. 1994