

STRATIGRAFIA E PALEOGEOGRAFIA DEL “LACUS TIMAVI” (FRIULI VENEZIA GIULIA)

Ruggero Marocco¹ & Romana Melis¹

¹Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, Università di Trieste,
e-mail: melis@units.it

RIASSUNTO: Marocco R. & Melis R., *Stratigrafia e paleogeografia del “Lacus Timavi” (Friuli Venezia Giulia)*. (IT ISSN 0394-3356, 2009). E' stato condotto uno studio lito-biostratigrafico sull'immediato sottosuolo del Lisert (Monfalcone), un'area paludosa posta alle pendici del Carso in prossimità delle foci del Timavo, ricca di testimonianze della presenza Romana. Scopo della ricerca è la ricostruzione paleogeografia del territorio che studi precedenti hanno solamente tratteggiato, a partire dall'Olocene fino all'insediamento romano, testimoniato da numerosi siti archeologici e da diverse citazioni letterarie (*Insulae Clarae, Lacus Timavi, ecc.*).

Le successioni stratigrafiche individuate nei diversi sondaggi analizzati indicano che almeno a partire da 4370 ÷ 4220 anni a.C. il territorio dell'attuale Lisert era ricoperto da un'ampia laguna che inglobava i rilievi calcarei delle *Insulae Clarae* (oggi spianati) e si estendeva anche a sud delle stesse per alcuni chilometri. Successivamente si è verificata una trasgressione che ha determinato un progressivo ampliamento del bacino lagunare interno e nel contempo una probabile diversione fluviale ha portato all'emersione dell'area a sud delle *Insulae*.

Ai margini di questo bacino, nelle aree sabbiose-pelittiche vegetate, si segnala l'esclusiva presenza di *Ammoscalaria runiana* (HERON-ALLEN & EARLAND), piccolo foraminifero agglutinante che vive attualmente nelle piane fangose delle alte latitudini europee e che non è stato segnalato in Adriatico.

In epoca romana l'ambiente paralico-lagunare si manteneva all'interno del Lisert e recuperava i margini meridionali delle *Insulae Clarae*. Questa configurazione meridionale della costa probabilmente è stata determinata dalla presenza immediatamente ad ovest della foce di un ramo progredente dell'Isonzo.

I depositi paralici della piana del Lisert rientrano nell'ampio intervallo di variabilità della curva profondità-età di tutti gli altri analoghi depositi datati lungo la costa veneto-friulana. Sulla base di questo unico dato non è possibile definire con precisione il contributo dei movimenti verticali del suolo nella determinazione dell'evoluzione costiera dell'agro monfalconese, anche se ci sono forti indizi di una certa attività tettonica.

ABSTRACT: Marocco R. & Melis R., *Stratigraphy and palaeogeography of the “Lacus Timavi” area (Friuli Venezia Giulia)*. (IT ISSN 0394-3356, 2009).

A litho-biostratigraphic study of the immediate subsoil of Lisert area (Monfalcone) has been carried out. This marshy area, located at the foot of the Karst near the mouth of the Timavo river, is rich in evidence of the Roman culture. This research focuses on the paleogeographic reconstruction of the territory that previous studies have only outlined, starting from the Holocene until the Roman settlement, testified by numerous archaeological sites and several literary quotations (*Insulae Clarae, Lacus Timavi, etc.* ..).

The stratigraphic sequence identified in different analyzed cores, reveals that at least from 4370 ÷ 4220 yrs B.C. the Lisert territory was covered by a large lagoon which incorporates the *Insulae Clarae* limestone outcrops (now smooth) and also extended to the south of the same for several kilometres.

Subsequently there was a transgression that led to a progressive widening of the lagoon basin, but at the same time a probable river diversion has led to the emergence of south *Insulae*.

The marginal vegetate settings of this basin, characterized by sandy-pelite sediments, include the exclusive presence of *Ammoscalaria runiana* (HERON-ALLEN & EARLAND), little agglutinated foraminifer that currently lives in the European high-latitude mud flats and has not been reported in the Adriatic Sea.

In the Roman period the lagoon environment had gradually expanded toward the southern margins of *Insulae Clarae*. This configuration of the southern coast was probably determined by the immediate west occurrence of the mouth of an Isonzo river branch.

The paralic deposits of the Lisert plain fall into the range of variability of the depth - age curve of all the other similar dated deposits located along the Venetian-Friulian coast. This makes it impossible to define the contribution of tectonics in the determination of the coastal field of Monfalcone, although there are strong indications of its activity.

Parole chiave: Olocene, piana costiera, stratigrafia, paleogeografia, Lisert, Friuli Venezia Giulia.

Keywords: Holocene, coastal plain, stratigraphy, palaeogeography, Lisert, Friuli Venezia Giulia.

1. INTRODUZIONE

I recenti progetti di rilancio dell'area portuale di Monfalcone (Gorizia) e segnatamente quelli eseguiti a fini turistico-ricettivi e termali della vasta area del Lisert, l'antico *Lacus Timavi*, hanno comportato una serie di interventi per la caratterizzazione e la bonifica del territorio, interessato nel recente passato da discariche urbane ed industriali. Nell'occasione si è anche saggiata la potenzialità dell'antica piana palustre per una sua fruizione turistico-archeologica, resa quanto mai plausibile dall'attestata presenza in loco delle famose terme

romane, contornate da ville mosaiccate e da approdi nautici, ubicate a poca distanza dalle celeberrime sorgenti del Timavo. Quest'area è già stata oggetto, nel 1995, di alcune indagini geoarcheologiche condotte su due sondaggi (SM 1 e SM 2) posti a cavallo dei rilievi di San Antonio e di Amarina (MONTENEGRO M.E. & PUGLIESE N., dati inediti).

A tali scopi il Consorzio per lo Sviluppo Industriale del Comune di Monfalcone, di concerto con la locale Soprintendenza e con l'ARPA, ha fatto eseguire in più riprese una serie di sondaggi geognostici che hanno interessato i primi 10 metri del sottosuolo. In particola-

re, una prima serie di sondaggi è stata effettuata a monte delle terme del Lisert nel novembre del 2004. Successivamente, nell'ottobre del 2005, lo stesso ente ha fatto eseguire nella stessa area altri 5 sondaggi geognostici (sondaggi S1, S2, S3, S4 e S5 di Fig. 1), che si sono spinti da 5 a 15 m di profondità dal piano campagna (Fig. 1; Tab. 1).

Su richiesta della Soprintendenza del Friuli Venezia Giulia questi sondaggi sono stati analizzati in termini lito-, bio- e crono-stratigrafico, al fine di delineare l'evoluzione paleogeografica di questo territorio che in epoca romana ha avuto una notevole importanza storico-commerciale.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-IDROGRAFICO DEL LACUS TIMAVI

Il *Lacus Timavi* si ubica sull'attuale piana del Lisert che rappresenta il lembo più orientale della pianura veneto-friulana, delimitato dalle balze sud-occidentali dell'altopiano calcareo del Carso (Fig. 1). A meridione la piana è chiusa dai resti dei colli di San Antonio (ex-quota 21 m dal l.m.m.) e dell'Isola della Punta o Amarina (ex-quota 15 dal l.m.m.) le famose *Insulae Clarae* dell'antichità, completamente sbancati per far spazio alle industrie siderurgiche attuali; ad oriente l'area pianiziale riceve i contributi dei corsi d'acqua attuali e recenti, che scorrono nelle vallecole di Moschenizza (Locovaz), e quelli delle diverse bocche del Timavo.

La fascia costiera che delimita la piana è costituita essenzialmente da depositi pelitico-sabbiosi di ambiente paludoso-litorale ed è stata bonificata a partire del 1926 (con una bonifica idraulica); negli anni '50 l'opera di sistemazione idraulica è continuata con lo scavo del canale est - ovest (canale Lisert) e con quello del canale Tavoloni (1962-1966). L'attuale fronte mare del Lisert è stato recentemente definito da un bacino di colmata, delimitato da argini in pietra, che ha inglobato la vecchia isola del Balo; questa imponente opera di colmata è attualmente in fase di completamento e servirà ad ampliare le banchine portuali e i servizi retrostanti.

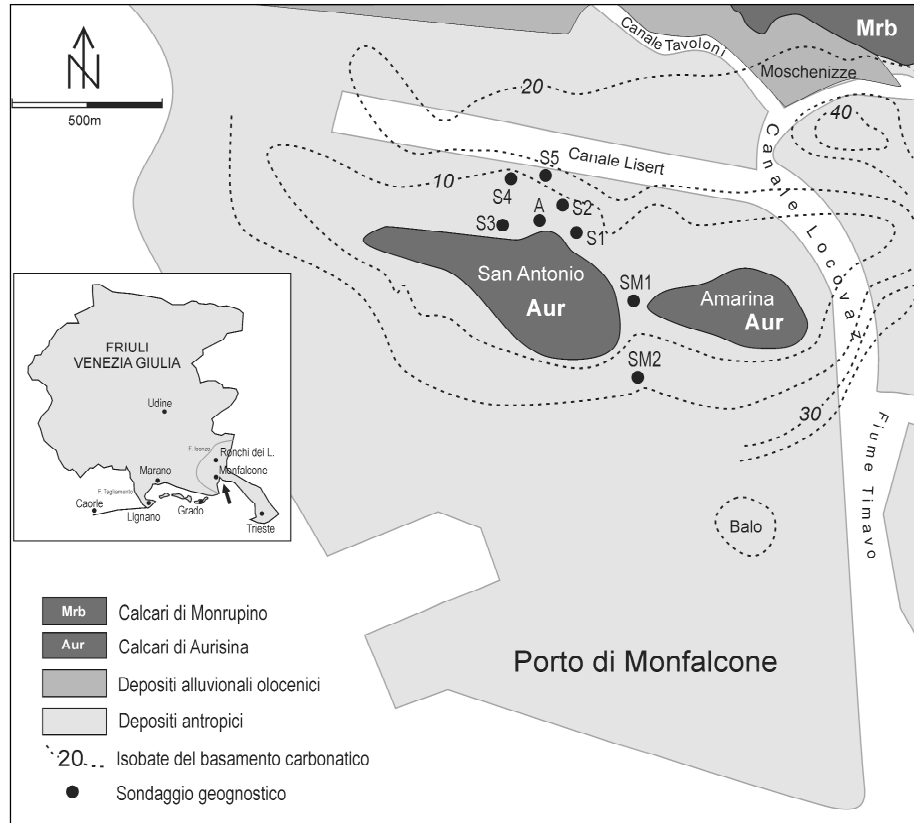


Fig. 1 - Inquadramento geologico e ubicazione dei sondaggi.
Geological map and location of the studied cores.

Tab. 1 - Sondaggi del Lisert: quota, profondità di penetrazione e coordinate Gauss - Boaga.
Lisert borings: height, depth of penetration and coordinated Gauss - Boaga.

	Quota piano campagna (rispetto al l.m.m)	Profondità del sondaggio	Fine sondaggio (rispetto al l.m.m)	Coordinate (Carta Tecnica Regionale)
Sondaggi 2005				
S1	3,08	9,4	-6,32	2408688 X; 5071987 Y
S2	4,78	12,0	-7,22	2408620 X; 5072076 Y
S4	3,04	10,0	-6,96	2408425 X; 5072195 Y
S5	4,87	15,0	-10,13	2408521 X; 5072195 Y
Sondaggio 2004				
A	3,56	6,4	-2,84	2408541 X; 5072025 Y
Sondaggi 1995				
SM1	4,00	6,0	-2,00	2408868 X; 5071738 Y
SM2	3,90	15,0	-11,20	2408880 X; 5071477 Y

Il substrato roccioso della piana, costituito dalle rocce affioranti del Carso circostante (formazione del Turoniano - Senoniano inf., TENTOR *et al.*, 1994) è disarticolato da una serie di depressioni sepolte dalla sedimentazione recente. La prima di queste depressioni si ubica a nord nel "solco di Moschenizza", presenta direzione NW - SE e termina con una soglia posta a -15 m

dal piano campagna, confluendo poi nella vasta area depressionale che si estende dall'attuale Cartiera del Timavo al sottosuolo del canale Lisert (-20 /- 30 m dal p.c.). A SW una seconda depressione trova origine dalle sorgenti del Timavo e si approfondisce notevolmente arrivando a profondità superiori di 65 m sotto l'attuale canale d'entrata alle sorgenti del Timavo e al canale Locovaz. Tra queste due avvallamenti il substrato calcareo risale rapidamente, con irregolarità determinate da locali fratture tettoniche, fino ad arrivare alla culminazione dei due dossi sbancati e tagliati da una ulteriore frattura tettonica a direzione N - S. Il passaggio tra la roccia carbonatica del substrato e i depositi di riempimento è costituito da un'intercapedine di roccia più o meno alterata, come riportato da STACUL (1995-96).

Sotto il profilo litologico la formazione di Monrupino, che si ubica a nord dell'area, è costituita da breccie dolomitizzate alla base cui segue un intervallo calcareo-dolomitico chiuso al tetto da banchi sempre più dolomitici. I calcari di Aurisina, presenti anche nel versante più orientale del Carso Isontino, affiorano nei rilievi sbancati dei colli di San Antonio e di Amarina; questi hanno una stratificazione da massiva a ritmica, con strati decimetrici, e presentano una colorazione grigia con abbondanti frammenti di Rudiste.

La tettonica dell'area (TENTOR *et al.*, 1994) è estremamente complessa in quanto dominata da strutture dinariche (NW - SE) rappresentate da un fascio di faglie sub-verticali, talora con evidenze di movimento trascorrente, sulle quali si sono subordinatamente imposte strutture alpine (E - W e NE - SW).

L'attuale piana del Lisert era ben nota ai romani per la vicinanza alle celeberrime sorgenti del Timavo, decantate da numerosi autori latini e per la presenza delle *Insulae Clarae*, ricordate anche da Plinio nella *Naturalis Historia* (BERTACCHI, 1979). Nell'isola di San Antonio (oggi spianata) erano ubicate le terme che utilizzavano l'acqua calda (ca. 40°C) che scaturiva dal sottosuolo. L'impianto termale era molto noto all'epoca romana, tanto da essere ricordato da Plinio "contra Timavom amnem insula parva in mari est cum fontibus calidis, qui pariter cum aestu maris crescunt minuunturque" e riportato nell'importante documento cartografico della Tabula Peutingeriana (Carta del XIII sec., che riproduce una mappa romana del I sec. a.C.; Fig. 2). Il vasto complesso termale con alterne vicende è rimasto in uso fino a poco tempo fa ed oggi è in fase di ripristino. Poco più ad oriente delle terme, sempre alle pendici

del colle demolito, era ubicata una estesa villa, con delicati mosaici raffiguranti delfini, fatta risalire dagli archeologi al I sec. d.C. A nord di questo complesso abitativo è stata rinvenuta un'imbarcazione romana oneraria (10,75 m di lunghezza e 3,80 di larghezza) attribuita al II - III sec. d.C. (BERTACCHI & BERTACCHI, 1988), che si appoggiava sulla roccia fratturata del sottofondo calcareo. Oltre all'insediamento di San Antonio tutto il territorio posto alle prime balze del Carso era costellato da ville romane (particolarmente utilizzate dal I sec. a.C. - II sec. d.C.), alcune probabilmente con funzioni *maritimae*, ipotizzate dal rinvenimento di piccoli moli e da impianti per la piscicoltura. Queste ville rustiche erano prevalentemente allineate lungo la strada che portava a *Tergeste* costeggiando le alture carsiche e tralasciava il Locovaz su un ponte (DEGRASSI & VENTURA, 1999), probabilmente costruito dalla XIII *Legion*.

3. MATERIALI E METODI

Sulle carote di terreno ricavate dai sondaggi sono state eseguite analisi granulometriche, micropaleontologiche, archeologiche e radiometriche. Tutte le profondità di prelievo dei campioni di sedimento sono state espresse (dopo geo-referenziazione dei sondaggi) in

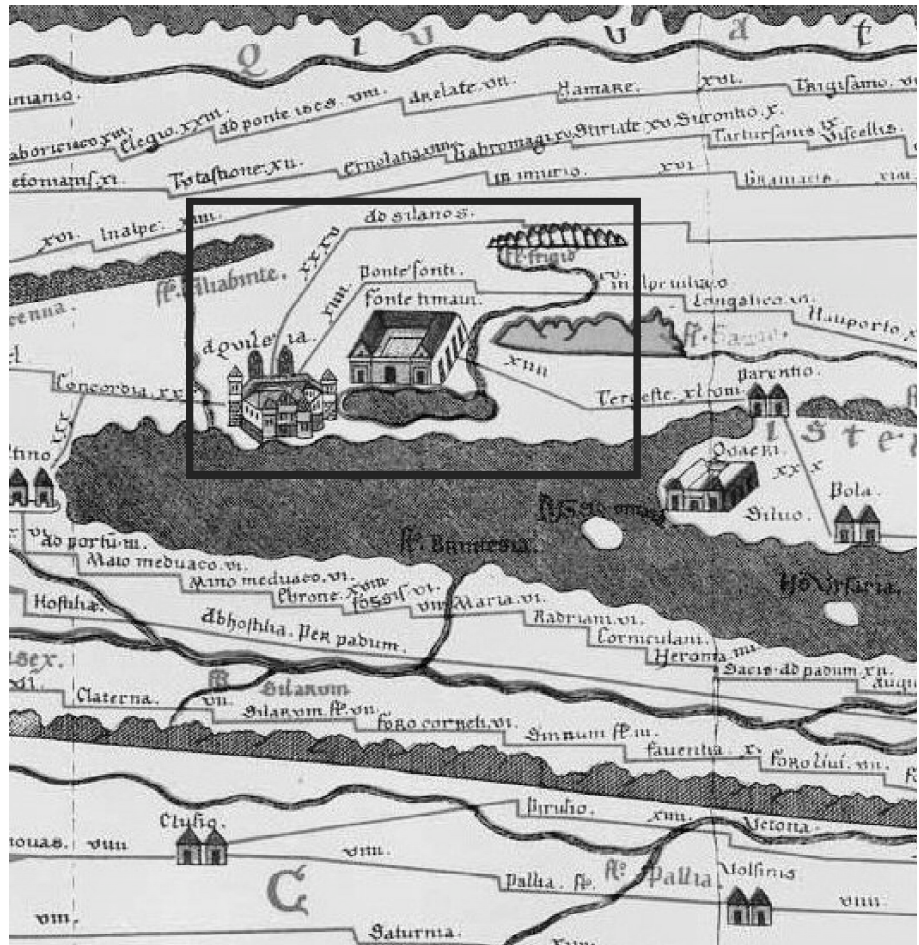


Fig. 2 - Particolare della Tabula Peutingeriana; la città di Aquileia con Fonte Timavi e il flumen Frigido sono compresi entro il riquadro.

Detail of the Tabula Peutingeriana; the city of Aquileia with Fonte Timavi and flumen Frigido are within the box.

metri dal livello medio mare (l.m.m.) dell'alto Adriatico. Tutti i dati di profondità di seguito riportati si riferiscono a questo livello (Tab. 1). Dalle analisi è stato escluso il sondaggio S3 e tutti gli intervalli sommitali dei sondaggi posti al di sopra del l.m.m., in quanto chiaramente costituiti da materiali di riporto. Nella descrizione delle carote si sono utilizzati i colori delle tabelle di MUNSELL (1975).

I campioni per le analisi granulometriche sono stati prelevati ad ogni variazione tessiturale dei depositi, escludendo quelli legati alle discariche industriali sommitali: complessivamente si sono raccolti 7 campioni per il sondaggio A dell'ARPA e 21 per i 5 sondaggi Geobasi. Le analisi granulometriche sono state condotte con l'analizzatore laser *Malvern Instruments* del Laboratorio di Sedimentologia del Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine di Trieste su campioni di sedimento tal quale, previa asportazione della frazione più grossolana (> 2 mm), quartatura e attacco con acqua ossigenata per la disaggregazione degli agglomerati organici. I caratteri tessiturali dei sedimenti sono stati descritti secondo la classificazione di NOTA (1958); i parametri statistici elementari (espressi in Φ) sono quelli proposti da FOLK & WARD (1957). I percentili 1° (C o diametro massimo del sedimento) e 50° (M o mediana del sedimento) sono espressi in micrometri e si riferiscono ai parametri di PASSEGA (1957; 1964).

Un'aliquota del sedimento è stata trattata per le analisi paleontologiche, in particolare nella preparazione dei lavaggi non è stata utilizzata acqua ossigenata, per permettere la conservazione ottimale anche dei gusci più delicati.

L'analisi delle malacofaune è stata eseguita sulla frazione > 2000 μm di due campioni di sedimento; quella delle microfaune a foraminiferi è stata condotta sulla frazione sabbiosa (2000 ÷ 62,5 μm) di 40 livelli di sedimenti campionati. Il conteggio è stato eseguito sul totale dei gusci rinvenuti, il numero d'individui per specie è stato quindi normalizzato in percentuale relativa ad ogni livello analizzato. È stata calcolata la densità dei gusci tramite il rapporto fra numero di individui e peso di sedimento analizzato, in grammi (individui/g).

La datazione dei sedimenti torbosi è stata condotta con il metodo del radiocarbonio mediante la tecnica della spettrometria di massa ad alta risoluzione (AMS), presso il Centro di Datazione e Diagnostica (CEDAD) dell'Università di Lecce. I dati così ottenuti sono stati quindi calibrati in età calendario utilizzando il software OxCal Ver. 3.10, basato sui dati atmosferici (REIMER *et al.*, 2004).

4. I SONDAGGI DEL LACUS TIMAVI

4.1 I sondaggi del 1995

Questi due sondaggi (SM 1 e SM 2; Fig. 1) sono stati prelevati in posizione leggermente meridionale nell'area che separa il rilievo di San Antonio da quello di Amarina. I dati relativi alla litostratigrafia e alle microfau-ne ad ostracodi (PUGLIESE N., dati inediti) sono stati qui ripresi e rielaborati in funzione della ricostruzione stratigrafica del territorio.

SM 1; Questo primo sondaggio è stato eseguito a cavallo tra i rilievi di San Antonio e di Amarina e si è spinto fino a 6,0 m dal piano campagna (posto a circa 4,0 m dal l.m.m.). Ha palesato una situazione molto disturbata dai recenti interventi antropici con i primi 3,0 m di copertura costituiti da materiale di riporto e i rimanenti (da 1,0 a -2,0 m dal l.m.m.) costituiti da ghiaie calcaree, frammiste a peliti, sterili dal punto di vista paleontologico.

SM 2; Il secondo sondaggio è ubicato a nord del colle di San Antonio ad una quota di circa 3,9 m sul l.m.m. e si è fermato alla profondità di 11,2 m (Fig. 3).

Alla base del sondaggio (11,20 - 10,10 m di profondità) si trova una ghiaia poligenica con matrice sabbioso-pelitica, con ciottoli da millimetrici a centimetrici da arrotondati a sub-arrotondati, incisa da un contatto netto che la mette a contatto con una pelite sabbiosa (10 Y 6/1) bioturbata, con scarsi resti organogeni (foraminiferi) e abbondanti frammenti vegetali (profondità da 10,10 a 9,55 m). Da 9,55 m a 6,10 m di profondità si rinviene una pelite più o meno sabbiosa (colore da 10 Y 3/1 a 4/1); in particolare la sabbia è composta da granuli quarzosi con vari gradi di classazione, da muscovite subordinata e rari cristalli di gesso. La frazione organogena è costituita da frammenti di gasteropodi [*Bittium reticulatum* (DA COSTA), *Cerithium* sp., *Cardidae*, *Veneridae* e *Tellinidae*], radioli di echinide, spicole di spugna calcarea e lenticelle carboniose spar-

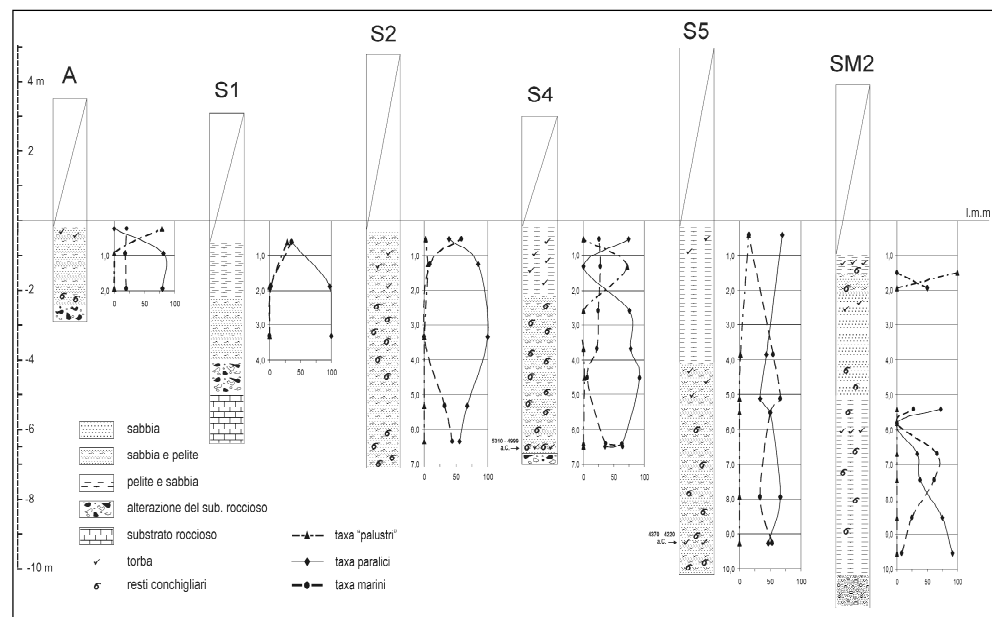


Fig. 3 - Luserne: litostratigrafia dei sondaggi e distribuzione dei principali gruppi ecologici rappresentati dai foraminiferi.

Luserne: lithostratigraphy and distribution of the main ecological assemblages represented by the foraminifers.

se. Gli ostracodi sono rappresentati da rari esemplari di *Callistocythere* sp.1, *Leptocythere bituberculata* BONADUCE, CIAMPO & MASOLI, *Pontocythere turbida* (MÜLLER), *Semicytherura incongruens* (MÜLLER), *S. rarecostata* BONADUCE, CIAMPO & MASOLI, *S. sulcata* (MÜLLER), *Xestoleberis* cf. *decipiens* MÜLLER, e al letto da forme alloctone di *Cyprideis torosa* (JONES) e *Palmoconcha turbida* (MÜLLER) (PUGLIESE N., dati inediti).

Da 6,10 m a 5,10 m di profondità si rinvencono alternanze di pelite sabbiosa (10 Y 4/1) e sabbia fina (10Y 3/1), mal classata e con granuli di quarzo sub-spi-golosi, con frammenti vegetali, nella parte basale, e gasteropodi sia intatti (*Bittium reticulatum*) che in frammenti (*Cerithium* sp., *Hydrobia* sp., e Cardiidae). Gli ostracodi sono rappresentati da rari individui giovani e alloctoni di *Cyprideis torosa*. Dopo 5,10 m di profondità i depositi diventano più sabbiosi con sabbia da fina a media, mal classata, e con granuli di quarzo da sub-angolosi a sub-arrotondati, che diviene talora pelitica (da 10 Y 2/2 a 3/1). Sono presenti frammenti vegetali (a volte piritizzati) e rari frammenti di Cardiidae [*Cerastoderma glaucum* (POIRET) a - 4,49 m], spicole di spugna silicee (- 2,90 m) e lenticelle carboniose (da 5,10 a 3,60 m di profondità). Seguono (2,10 ÷ 1,53 m di profondità) alternanze centimetriche di pelite (10Y 3/1) e sabbia (da 10 Y 3/1 a 3/2), con minuti ciottoli sub-arrotondati e frammenti di molluschi indeterminabili e frammenti vegetali, talvolta piritizzati e infine (1,53 ÷ 1,10 m) un livello di pelite (colore da 10 Y 3/1 a 2.5 Y 3/2), talvolta debolmente sabbiosa e con ciottoli da millimetrici a centimetrici, con abbondanti frammenti vegetali e rarissimi frammenti di gasteropodi continentali. La sequenza viene chiusa da un riporto ghiaioso eterometrico, accumulato in seguito alle intense opere di manomissione del territorio che hanno comportato lo spianamento dei rilievi calcarei (Fig. 3).

Lo studio della microfauna a foraminiferi è stata eseguita su un totale di 15 livelli (da 1,24 a 9,55 m di profondità). Sono presenti complessivamente 23 specie appartenenti principalmente al genere *Ammonia* ed *Elphidium* (Tab. 2).

Alla base del sondaggio si osserva una dominanza di *Ammonia tepida* (CUSHMAN) con *Haynesina germanica* (EHRENBERG), che tendono e diminuire in percentuale verso 6,71 m di profondità, dove a queste si associano *A. inflata* (SEGUENZA), *A. beccarii* (LINNEO) e *A. papillosa* (D'ORBIGNY), mal conservate ed usurate, *Elphidium* spp. e *Nonion* spp. Verso metà sondaggio (- 5,44 m), dopo un livello sterile, si registra la maggior ricchezza specifica, con dominanza di *A. tepida* e *A. inflata* e subordinata *A. parkinsoniana* (D'ORBIGNY). Segue un intervallo di alcuni metri (da 4,86 a 2,50 m di profondità) dove non sono presenti microfaune. Verso la superficie, si ritrova *A. tepida* dominante ed infine, nell'intervallo sub-superficiale, *Miliammina fusca* (BRADY) e *Trochammina inflata* (MONTAGU). La densità dei gusci è più elevata nella metà inferiore del sondaggio, dove raggiunge 456,4 ind/g e tende a diminuire decisamente nei livelli superficiali (valore massimo di 1,3 ind/g). A partire dalla base del sondaggio la dominanza di *A. tepida*, specie eurialina universalmente riconosciuta come tipica di ambienti lagunari (MURRAY, 1991), indica un paleoambiente paralico piuttosto confinato che si evolve verso un minor confinamento nella parte centrale del sondaggio, come testimoniato dalla presenza di

A. beccarii, *A. inflata* e *A. papillosa*, specie che si rinven-gono normalmente nell'ambiente infralitorale mediterraneo (CIMERMAN & LANGER, 1991; SGARELLA & MONCHARMONT ZEI, 1993; DONNICI & SERANDREI BARBERO, 2002) (Fig. 3). L'assenza di microfauna in un intervallo di circa 4 m di sedimento potrebbe essere dovuto ad un trattamento troppo invasivo in fase di preparazione dei campioni, ma potrebbe anche rappresentare un ambiente non idoneo alla presenza di foraminiferi (emersione). La parte sommitale del sondaggio rivela un ambiente impaludato, probabilmente intertidale rappresentato da un elevato accumulo di vegetazione e dalla presenza di taxa tipici di ambienti ad elevata variabilità di salinità, quali stagni, paludi e barene (ALBANI & SERANDREI BARBERO, 1990; ZANINETTI, 1992; MURRAY & ALVE, 1999) (Fig. 3).

4.2 I sondaggi del 2004

Dei quattro sondaggi eseguiti nell'anno l'unico studiato integralmente è stato il sondaggio A, effettuato a carotaggio continuo immediatamente a nord dell'im-pianto delle Terme Romane di Monfalcone, in un area interessata da recenti e antiche discariche.

Sondaggio A: La parte terminale del sondaggio che ha raggiunto il basamento calcareo (- 2,84 m dal l.m.m.) si è sfilata dal carotiere e non è stata recuperata. Quella immediatamente soprastante è costituita da un livello di pelite grigia (da - 2,44 a - 2,34 m) che diviene sabbiosa, con frammenti di conchiglie e resti vegetali (da - 2,34 a - 2,04 m) (Fig. 3). Segue un intervallo (da - 2,04 a - 0,49 m) di pelite molto sabbiosa, grigia scura, con frammenti di intonaco, di cotto, ceramiche e ciottoli sub-angolosi. Da - 0,49 a 0,14 m è presente un livello di torba, definito da un contatto netto alla base e graduale al top, con all'interno lamine di sabbia medio-fina, chiara. La torba è contraddistinta da resti vegetali, alcuni indecomposti, di probabile fragmiteto contenente pezzi di coccio, vetri, ceramiche e pezzi d'intonaco (antica discarica di materiale romano, difficilmente collocabile in una scala cronologica più precisa). Segue un orizzonte francamente pelitico-sabbioso con un livelletto (3 cm) di sabbia fina grigio-chiara (da 0,14 a 0,34 m) e viene chiuso dall'ultimo livello naturale (da 0,34 a 0,66 m) di pelite molto sabbiosa (contenuto in sabbia: 64%), di color grigio. La coltre di materiali eterometrici di discarica industriale recente (dal top alla profondità di 0,66 m dal l.m.m.) è costituita da limi con sabbia, ghiaia e variegati materiali di riporto.

Le analisi granulometriche condotte sui sedimenti mostrano mediamente una dimensione dei diametri tra le sabbie fini e il silt grossolano, un cattivo assortimento dei clasti e un trasporto per sospensione gradata/saltazione per i campioni più superficiali (Gruppo I) e per sospensione uniforme/decantazione per i rimanenti (Gruppo II) (Fig. 4). Prendendo in considerazione i principali parametri statistici dei sedimenti (Mz e Sorting) e confrontandoli con quelli dei depositi attuali e sub-attuali del Friuli Venezia Giulia (di ambiente continentale-fluviale, di ambiente litorale e, infine, lagunare di Fig. 5) emerge che i depositi del sondaggio A si posizionano al limite dei depositi litorali più profondi (8 - 10 m) e assumono valori più prossimi a quelli dei sedimenti di piana alluvionale (distale) rispetto a quelli di laguna.

Lo studio micropaleontologico è stato eseguito su tre livelli (da 0,24 a 1,94 m di profondità) (Tab. 2). Dalla

base del sondaggio si osserva un ambiente paralico piuttosto confinato, rappresentato dalla dominanza di *A. tepida*, *H. germanica* e *Nonion pauciloculum* CUSHMAN, che tende all'impaludamento nel livello sub-superficiale. A 0,24 m di profondità, infatti, sono presenti numerosi individui di *Haplophragmoides manilaensis* ANDERSEN, *H. cf. wilberti* ANDERSEN e *Jadammina macrescens* (BRADY), tipici di ambienti vegetati (*marsh*) (ZANINETTI; 1992; MURRAY & ALVE, 1999; HORTON & MURRAY, 2006) (FIGG. 3 e 6).

4.3 I sondaggi del 2005

La serie di sondaggi eseguita recentemente mostra, dopo una coltre di materiale eterometrico di discarica (di potenza variabile da 3 a 5 m), una sequenza *fining-upward* che si compone, generalmente, di un intervallo pelitico molto sabbioso con diffusi frammenti conchigliari che passa ad un intervallo di peliti sabbiose, con sostanza organica e frequenti fibre vegetali (Fig. 3; S1, S4 e S5). Questa sequenza manca nel sondaggio S3, dove le discariche poggiano direttamente sul capello di alterazione dei calcari del basamento e nel sondaggio S2, dove viene a mancare l'orizzonte pelitico sabbioso più superficiale e l'intero sondaggio si mantiene nell'ambito del mescolamento paritetico di sabbie e peliti. Il basamento carbonatico si incontra nei sondaggi S1, S3 e S4, rispettivamente alle profondità di 5,0; 0,2 e 6,7 m dal l.m.m. ed è coperto da un capello di alterazione con roccia fratturata e ciottoli calcarei parzialmente calcificati.

La frazione conchigliare, particolarmente evidente alla base dei sondaggi S2 (6,38 ÷ 6,35 m di profondità) e S4 (6,52 ÷ 6,50 m di profondità) mostra la presenza nel primo sondaggio di *Gibbula albida* (GMELIN), frammenti di *Cerastoderma glaucum* e *Rissoa* sp. (probabilmente *R. pulchella* PHILIPPI) e nel secondo, frammenti di *Cerastoderma glaucum*, *Cerithium vulgatum* BRUGUIÈRE, *Chamelea gallina* (LINNEO), *Gibbula albida*, *Jujubinus* sp., *Paphia aurea* (GMELIN) e *Tricolia* sp. (VIO E., comunicazione personale). In sintesi, si tratta di specie litorali-paraliche, presenti in sabbie inframmiste a pelite, tipiche di un ambiente deltizio-lagunare (*Cerastoderma glaucum* e *Gibbula albida*), vegetato da fanerogame marine (alghe fotofile - *Jujubinus* sp.) e con un relativo ridotto idrodinamismo (*Cerithium vulgatum* e *Paphia aurea*).

Da un punto di vista tessiturale tutti i depositi indagati manifestano caratteri più intermedi tra i depositi lagunari di retro bocca e quelli di alluvionamento delle

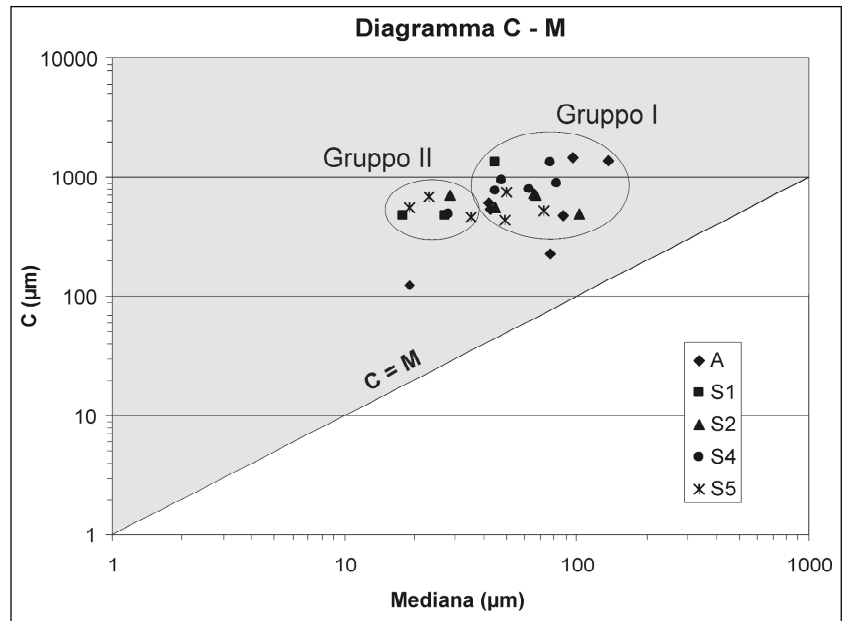


Fig. 4 - Modalità di trasporto dei sedimenti distinti per sondaggio. I Gruppi I e II racchiudono rispettivamente i depositi che si muovono per saltazione - sospensione gradata e per sospensione uniforme - decantazione.

Mode of sediments transport, separated per survey. The Groups I and II contain deposits that are moving by saltation - graded suspension and by uniform suspension - decantation, respectively.

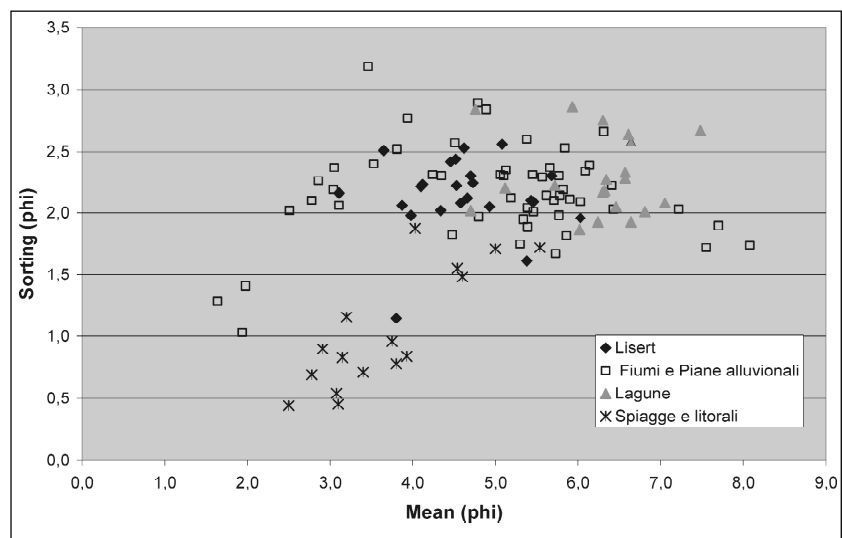


Fig. 5 - Diagramma Mz - Sorting con i campi dei depositi fluviali (alveo e piana alluvionale), quelli litorali (emersi e sommersi) e lagunari del settore orientale della costa del Friuli Venezia Giulia (da MAROCCO *et al.*, 2005, modificato e integrato con i risultati di lavori precedenti).

*Mz - Sorting diagram showing the fields of the fluvial (alluvial plain and river bed), litoral (emerged and submerged) and lagoon deposits of the western sector of the Friuli Venezia Giulia coast (after MAROCCO *et al.*, 2005, modified and supplemented with the results of previous work).*

basse pianure costiere veneto-friulane (Fig. 5). Segnatamente, rispetto al sondaggio A, i depositi di questi sondaggi sono abbastanza simili a quelli che nella laguna di Grado (ma anche di Marano e di Carole) si ubicano nelle piane di marea immediatamente alle spalle delle bocche lagunari, nell'area di commistione tra i depositi litorali e quelli prettamente lagunari (Area II e III di GUELORGET & PERTHUISOT, 1983). La modalità di traspor-

to dei sedimenti più sabbiosi basali risulta essere per sospensione uniforme (Gruppo I), mentre quella dei sedimenti più superficiali per decantazione (Gruppo II di Fig. 4).

L'età radiocarbonio eseguita per scarsità di materiale organogeno databile sui soli sedimenti torbosi dei sondaggi S4 e S5 è di 6182 ± 60 anni ^{14}C B.P. (S4; -6,51 m) e di 5431 ± 55 anni ^{14}C B.P. (S5; -9,28 m) con valori di $\delta^{13}\text{C}$ (‰), rispettivamente di $-31,6 \pm 0,2$ e di $-22,1 \pm 0,5$. Data l'incongruenza tra età e profondità dei campioni nei due sondaggi si è ritenuta valida la sola datazione del sondaggio S5 per il valore normale di $\delta^{13}\text{C}$ (‰) che ricade nell'intervallo ritenuto standard per questi depositi (-25 ± 3 ‰). La calibrazione di questa età porta ad una data di $4370 \div 4220$ anni a.C. (80,3 %) (Tab. 3).

L'analisi micropaleontologica dei foraminiferi rinvenuti nei sondaggi ha fornito le seguenti indicazioni:

S1: In questo sondaggio, posizionato a ridosso settentrionale delle *Insulae Clarae* sono stati studiati tre livelli (profondità da 3,32 a 0,62 m). Le faune a foraminiferi sono rappresentate da un limitato numero di specie (8) e da una densità dei gusci inferiore a 20 individui/g. Dalla base verso il tetto si passa da un ambiente parlico intertidale-subtidale caratterizzato da scarsissima presenza di *Ammoscalaria runiana*, ad un ambiente paralico con dominante *Ammonia tepida* e subordinata *Haynesina germanica*; nel livello superficiale si assiste alla comparsa di *Haplophragmoides manilaensis* e *H. cf. wilberti*, che indicano una tendenza all'impaludamento del paleoambiente (Tab. 2).

S2: In questo sondaggio ubicato in un settore più settentrionale rispetto al precedente, si rinviene una maggior ricchezza specifica, con un totale di 18 specie, ed un valore di individui/g più elevato rispettivamente alla base e al tetto della carota. Sono stati studiati cinque livelli (profondità da 6,35 a 0,55 m sul l.m.m.). Partendo dalla base della carota si rinviene un intervallo caratterizzato da dominanza di *A. tepida* e subordinata *A. inflata*, cui si associa-

no a taxa marini infralitorali quali *A. parkinsoniana*, *Elphidium* spp. e *Nonion* spp. (Tab. 2). Il paleoambiente evolve verso un livello costituito da dominanza assoluta di *A. runiana* (Fig. 6) associata ad pochi individui di *A. tepida*. La specie dominante di questo livello è segnala-

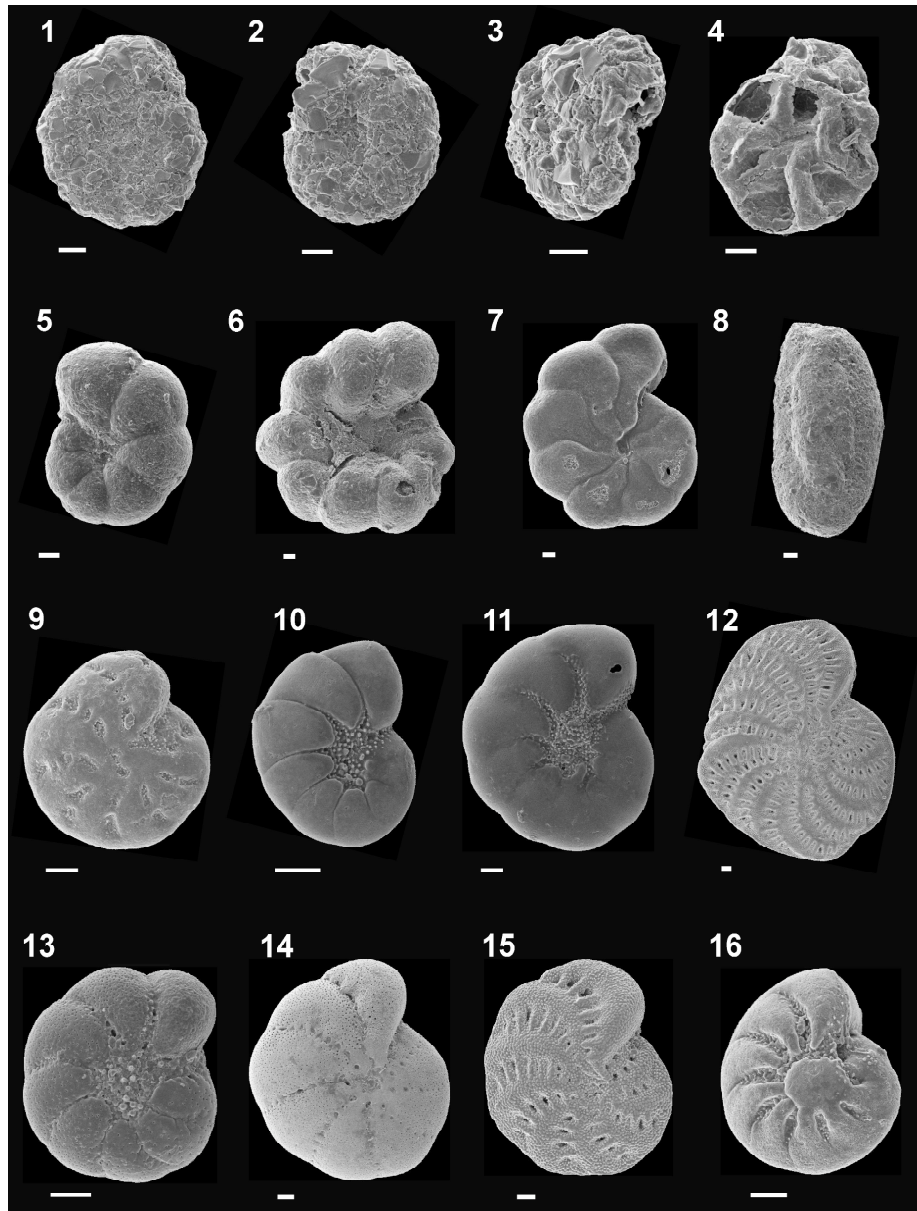


Fig. 6 - Microfotografie al SEM di alcuni foraminiferi rappresentativi del paleoambiente indagato nei sondaggi (la lunghezza della barra rappresenta 30 μm): 1 - *Ammoscalaria runiana*, veduta laterale; 2 - *A. runiana*, veduta laterale; 3 - *A. runiana*, veduta obliqua; 4 - *Jadammina macrescens*, veduta ombelicale; 5 - *Haplophragmoides canariensis*, veduta laterale; 6 - *Haplophragmoides manilaensis*, veduta laterale; 7 - *Haplophragmoides cf. wilberti*, veduta laterale; 8 - *Miliammina fusca*, veduta laterale; 9 - *Elphidium excavatum clavatum*, veduta laterale; 10 - *Nonion depressulum*, veduta laterale; 11 - *Haynesina germanica*, veduta laterale; 12 - *Elphidium complanatum*, veduta laterale; 13 - *Elphidium excavatum lidoense*, veduta laterale; 14 - *Elphidium poeyanum*, veduta laterale; 15 - *Elphidium pulvereum*, veduta laterale; 16 - *Cribrononion simplex*, veduta laterale.

SEM micrographs of some foraminifer species representative of the environments recorded in the samples (magnification: bar = 30 μm): 1 - *Ammoscalaria runiana*, side view; 2 - *A. runiana*, side view; 3 - *A. runiana*, oblique view; 4 - *Jadammina macrescens*, umbilical side; 5 - *Haplophragmoides canariensis*, side view; 6 - *Haplophragmoides manilaensis*, side view; 7 - *Haplophragmoides cf. wilberti*, side view; 8 - *Miliammina fusca*, chamber view; 9 - *Elphidium excavatum clavatum*, side view; 10 - *Nonion depressulum*, side view; 11 - *Haynesina germanica*, side view; 12 - *Elphidium complanatum*, side view; 13 - *Elphidium excavatum lidoense*, side view; 14 - *Elphidium poeyanum*, side view; 15 - *Elphidium pulvereum*, side view; 16 - *Cribrononion simplex*, side view.

Tab. 2 - Distribuzione percentuale dei foraminiferi rinvenuti nei sondaggi del Lisert.
 Percentage distribution of foraminifers found in the borings from Lisert area.

prof. (m)	Sondaggio A			Sondaggio S1			Sondaggio S2					Sondaggio S4							
	1,94	0,94	0,24	3,32	1,90	0,62	6,35	5,32	3,35	1,25	0,55	6,50	6,48	4,52	3,68	2,59	1,32	0,54	
razione vegetale	x	x	xx	xxx	x	xx	x	x	xx	xx	xxx	x	x	x	x	x	xxx	x	
SPECIE																			
<i>Ammonia beccarii</i>												2,6							
<i>Ammonia inflata</i>	15,6	18,2			2,4	28,6	27,7	28,1			58,1	49,0	21,8		17,1	21,6	0,9		11,1
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	0,9						5,5					11,3	3,4						0,9
<i>Ammonia tepida</i>	55,0	36,3			74,7	28,6	41,3	57,3	4,5	69,7	38,9	27,2	55,6	10,5	75,6	67,6			61,6
<i>Ammoscalaria runiana</i>	1,8			100,0			3,0	1,0	95,5	3,0		6,6	0,9	80,3					
<i>Aubaynina perlucida</i>						7,1	6,0					1,3							6,5
<i>Cribronion simplex</i>													0,9						
<i>Eggerella scabra</i>														2,6					
<i>Elphidium complanatum</i>	0,9						2,1	0,5											
<i>Elphidium excavatum clavatum</i>	0,9						0,9					1,3	1,3						
<i>Elphidium excavatum libanense</i>							0,9						4,7						
<i>Elphidium gerthi</i>							2,6						4,3						2,3
<i>Elphidium macellum</i>																	0,9		0,9
<i>Elphidium maioricense</i>																			0,9
<i>Elphidium poyeanum</i>	1,8						0,9	1,5											
<i>Elphidium pulverum</i>												0,7	1,7						3,2
<i>Entosolenia sp.</i>																			1,4
<i>Haplophragmoides canariensis</i>			19,1			7,1				9,1	0,4								25,4
<i>Haplophragmoides cf. wilberti</i>			29,4			21,4					1,8								25,4
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>			26,5			7,1					0,2								18,4
<i>Haplophragmoides subglobosum</i>			1,5				0,4							3,9					
<i>Haynesina germanica</i>	20,2	27,3			22,9		3,8	9,0		12,1	0,2		0,9	1,3	2,4	8,1			6,0
<i>Jadammina macrescens</i>			16,2														14,0		
<i>Miliammina fusca</i>			1,5														14,0		
<i>Nonion depressulum</i>							4,3	2,5					1,3		4,9	2,7			5,1
<i>Nonion pauciloculum</i>	2,8	18,2					0,9						1,3						
<i>Nonionella auris</i>													1,3						
<i>Trochammina inflata</i>			4,4							6,1	0,5			1,3					
<i>Trochammina irregularis</i>			1,5																
totale individui	109	11	68	1	83	14	235	199	110	33	565	151	234	76	41	37	114		216
ind/g	16	1,2	13,4	0,4	20,4	15,5	146,9	37,7	7,1	1,2	1595,1	43,0	730,8	11,6	4,4	4,0	85,0		253,2
n° specie	9	4	8	1	3	6	14	7	2	5	7	8	14	6	4	4	8		11

prof. (m)	Sondaggio S5										Sondaggio M2/95											
	9,27	7,93	5,52	5,11	3,84	0,43	9,55	8,55	7,45	6,69	5,82	5,42	4,84	4,57	3,85	3,645	2,78	2,53	1,94	1,49	1,24	
frazione vegetale	x	x	x	x	x	xx	x	xx	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	xxx	xxx
SPECIE																						
<i>Ammonia beccarii</i>					1,6				2,0													
<i>Ammonia inflata</i>	50,7	17,8	42,5	66,7	53,2	11,4	6,3	14,2	13,4	50,0	19,3								32,1			
<i>Ammonia papillosa</i>								1,3	11,8													
<i>Ammonia parkinsoniana</i>		4,7						3,9	6,7	16,7	2,0								7,1			
<i>Ammonia tepida</i>	40,3	54,4	38,3		25,8	62,7	76,2	62,5	37,8	33,3	52,7								50,0			
<i>Ammoscalaria runiana</i>		1,2		26,7	3,2	1,1	1,7				1,0											
<i>Aubygnina perlucida</i>		0,6					1,6	8,2			10,7											
<i>Bullimina striatula</i>											0,3											
<i>Cribronion simplex</i>								0,4	0,4													
<i>Elphidium aculeatum</i>									0,8													
<i>Elphidium complanatum</i>		1,2									1,0											
<i>Elphidium excavatum clavatum</i>	0,5	11,8						0,9			1,3											
<i>Elphidium granosum</i>											0,7											
<i>Elphidium macellum</i>	0,5						0,8		0,4		0,3											
<i>Elphidium maioricense</i>							0,8		3,5		1,0											
<i>Elphidium poeyanum</i>									0,4													
<i>Elphidium pulvereum</i>									2,6	22,0												
<i>Haplophragmoides cf. wilberti</i>						7,0																
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>						1,6																
<i>Haynesina germanica</i>	6,6	5,3	11,8	6,7	14,5	5,4	14,3	2,6	0,4		7,3											
<i>Jadammina macrescens</i>						0,5																
<i>Lagena striata</i>								0,4			0,3											
<i>Miliammina fusca</i>																				50,0		
<i>Nonion asterizans</i>									0,4													
<i>Nonion depressulum</i>	0,9	3,0	7,3			4,3		1,3			2,0								10,7			
<i>Quinqueloculina lata</i>	0,5																					
<i>Trochammina inflata</i> 1,6	5,9																					
totale individui	211	169	355	15	62	185	126	232	254	6	0	300	0	0	0	0	0	0	28	2	0	0
ind/g	22,5	21,5	148,4	1,8	4,1	24,3	21,6	456,4	37,0	0,4	80,6								1,3	0,9		
n° specie	7	9	4	3	6	9	6	12	13	3	14								4	2		

ta come specie intertidale-subtidale (MURRAY, 1991), e più precisamente in ambienti di *mud flat* di estuari, fiordi e lagune del Mar Baltico (ALVE & MURRAY; 1999; FRENZEL *et al.*, 2005), la sua elevata presenza in questo livello potrebbe comunque essere

dovuta anche a fattori tafonomici. In ambienti costieri vegetati, infatti, i bassi valori di pH creano le condizioni per elevati fenomeni di dissoluzione dei gusci carbonatici, come evidenziato ad esempio da GREEN *et al.* (1993); MURRAY & ALVE (1999); CULVERT & HORTON (2005); HORTON & MURRAY (2006). Segue un intervallo paralico più o meno confinato, dove si notano alcuni individui di *H. canariensis* (D'ORBIGNY), al quale si associano taxa tipici di ambienti stagnali verso la superficie del sondaggio.

S4: Il sondaggio è posizionato analogamente a settentrione delle *Insulae Clarae*; sono stati studiati sette livelli (profondità da 6,50 a 0,54 m sul l.m.m.). La fauna a foraminiferi presenta complessivamente la maggior ricchezza specifica con 27 taxa, mentre la densità dei gusci si attesta su valori più elevati alla base e al tetto (da 43,0 a 253,2 ind/g) e valori più scarsi, inferiori a 15,0 individui/g, nella parte centrale della carota. Alla base si presenta un intervallo dominato da *Ammonia* spp. e subordinati *Elphidium* spp., *Haynesina germanica* e *Nonion* spp. (Fig. 6). Nell'insieme l'ambiente può essere considerato come paralico poco confinato. Segue un livello dove *A. runiana* raggiunge valori dominanti (> 80,0%), similmente alla parte centrale del sondaggio S2. Successivamente l'associazione si arricchisce di *A. tepida*, che diventa la specie dominante, tranne nel livello sub-superficiale, dove viceversa la riduzione di questo taxon è seguita dall'importante presenza di quelli tipici di ambienti stagnali fortemente vegetati. Nel livello superficiale si ritorna da una situazione di maggior apertura verso l'ambiente paralico mediamente confinato (Fig. 3).

S5: In questo sondaggio, collocato anch'esso a settentrione delle *Insulae Clarae* sono stati studiati sei livelli (profondità da 9,27 a 0,43 m dal l.m.m.). Nel complesso si assiste ad una diminuzione della ricchezza dei foraminiferi rispetto ad agli altri sondaggi, che complessivamente sono presenti con 16 specie. La densità dei gusci si attesta su tenori variabili attorno a 20 individui/g, tranne che nel livello medio dove tale valore arriva a 148,4 individui/g. Alla base della carota si trova un intervallo ad *A. tepida* e *A. inflata* dominanti, cui si associano *Elphidium* spp. e *Nonion depressulum* (WALKER & JACOB), l'associazione rappresenta un ambiente paralico poco confinato. A metà carota si rinviene un livello ad prevalente *A. inflata* e *Ammonia runiana*, a bassa densità dei gusci, che rappresenta un ambiente di *mud-flat* scarsamente vegetato. Nella parte superiore del sondaggio l'ambiente evolve verso un maggior confinamento che porta probabilmente ad una situazione di palude vegetata, come rappresentato dalla dominanza di *A. tepida*, cui si associano

Tab. 3 - Datazioni con il radiocarbonio ed età calibrata per i sondaggi S4 e S5 (Lisert).
Radiocarbon ages and calibrated date for the S4 and S5 cores (Lisert area).

Sigla laboratorio	Campione sondaggio	Profondità (m dal l.m.m.)	Materiale datato	Età radiometrica (B.P.)	$\delta^{13}C$ (‰)	Data a.C. (Probabilità %)
LTL2082A	Lisert S4	- 6,51	torba	6182 ± 60	- 31,6 ± 0,2	5310 - 4999 (95,4%)
LTL2083A	Lisert S5	- 9,28	torba	5431 ± 55	- 22,1 ± 0,5	4370 - 4220 (80,3%)

Haplophragmoides manilaensis e *H. cf. wilberti* (Tab. 2; Fig. 3).

5. DISCUSSIONE E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi della litostratigrafia e delle meso- e micro-fauna a foraminiferi ed ostracodi eseguite sul primo sondaggio SM2, la più meridionale delle terebrazioni analizzate, hanno evidenziato la presenza di un ambiente fluviale basale su cui si imposta un ambiente paralico di acque poco profonde (fino a 6,10 m di profondità), influenzato in maniera variabile da apporti di acque dolci e/o marine. Il rinvenimento di frequenti frammenti vegetali piritizzati porta a supporre che in questo ambiente si instaurasse a volte condizioni di scarso idrodinamismo, fino alla stagnazione delle acque. Nel suddetto intervallo i caratteri più marino-litorali vengono riconosciuti nei soli livelli posti in corrispondenza di 7,90 e 6,19 m, dove sono presenti forme costiere, probabilmente trasportate. Segue un intervallo (da 6,10 a 2,53 m) contraddistinto da una scarsa presenza di forme (esclusivamente rari o rarissimi foraminiferi da 6,10 a 5,20 m di profondità) e quindi una assenza totale di foraminiferi ed ostracodi (segnalata dai campioni di sedimento posti da 4,84 a 2,53 m). La presenza di un deposito di sabbia grossolana mal classata, e commista a pelite, con frammenti di vegetali e gasteropodi, mal conservati, porta a ritenere che si tratti di un deposito di una piana fluviale superiore, alimentata da un fiume che sfociava ad ovest, a breve distanza dalle *Insulae Clarae*. La sequenza viene chiusa da un ambiente dappria paralico, poi acquitrinoso sommitale (da 2,1 a 1,1 m dal l.m.m.), rappresentato da scarsi foraminiferi a guscio agglutinante.

In sintesi, i depositi e le microfaune rinvenute immediatamente a nord dei rilievi calcarei delle *Insulae Clarae* definiscono una sequenza sedimentaria costituita da una fase trasgressiva che ha visto una paleolaguna occupare parte della pianura pleistocenica ed assumere caratteri sempre più marini fino a raggiungere il culmine in corrispondenza della profondità di 7,9 - 7,7 m. Dopo questa profondità si registra una inversione di tendenza che porta alla formazione di un ambiente paralico sempre più interno, fino all'emersione determinata dall'accumulo di depositi di piana fluviale. La sequenza viene chiusa da un ulteriore ambiente lagunare che rapidamente si trasforma negli acquitrini che si rinvengono sotto l'attuale piano campagna.

Negli altri sondaggi, compreso il sondaggio A del 2004, si riscontrano condizioni paraliche che sfumano verso il tetto a condizioni di stagno costiero (*marsh*),

molto prossime alle recenti condizioni del Lisert, prima delle bonifiche. Quasi sempre al letto dei depositi le condizioni paraliche sono determinate da un'associazione mista di taxa marini e paralici con una leggera alternanza di valori attorno al 50% in S4 e S5 e una prevalenza dei secondi sui primi nei sondaggi A, S1 e S2. In queste sequenze sembra assumere particolare rilevanza la presenza di *Ammoscalaria runiana* che si rinviene quasi in forma esclusiva nei sondaggi S5 alla profondità di 5,1, in S4 a 4,5 m, in S2 a 3,3 m e in S1 a 3,3 m, in coincidenza con l'emersione del litorale meridionale delle *Insulae Clarae*, rappresentata dai sedimenti nel sondaggio M2/95. Questo foraminifero agglutinante è stato segnalato ed analizzato soprattutto nei mari del nord Europa dove si è insediato recentemente (SEIDENKRANTZ & KNUDSEN, 1993), sostituendo la forma olocenica - Boreale di *Ammoscalaria pseudospiralis* (WILLIAMSON) e non è stato rinvenuto fino ad oggi in alto Adriatico nelle aree costiere del Mediterraneo. La sua presenza nel *Lacus Timavi* a diverse profondità in sondaggi molto prossimi tra loro, sembra definire una particolare condizione ambientale raggiunta probabilmente in tempi successivi nei diversi sondaggi. Di certo questa forma si è insediata in alto Adriatico ben dopo l'età di 4370 ÷ 4220 a.C., calcolata sulla torba posta a 9,28 m di profondità.

Per cercare eventuali analogie e possibili correlazioni delle sequenze trasgressive e regressive parziali, individuate nel solo sondaggio M2 del Lisert, o con la relativa stabilità nell'ambito di un sistema paralico confinato come negli altri sondaggi indagati, si sono messi a confronto i trends di altre sequenze analizzate in aree prossimali. Per prima si è presa in considerazione la sequenza stratigrafica individuata più ad ovest nel sottosuolo dell'isola di Grado (MAROCCO *et al.*, 2005). Qui si è registrato un motivo stratigrafico determinato da un emiciclo trasgressivo-regressivo che si è attuato in ambiente marino poco profondo. Recenti datazioni ^{14}C eseguite dagli autori su due livelli di conchiglie del sondaggio dell'Isola di Grado, hanno evidenziato età di 405 ÷ 355 a.C. a 3,20 m di profondità e di 5497 ÷ 5380 a.C. a 8,10 m di profondità. Dal confronto, emerge che depositi di ambiente diverso e di età differente si trovano alla stessa profondità (8,10 m/ 5497 ÷ 5380 a.C. a Grado e 9,28 m/ 4370 ÷ 4220 a.C. sul Lisert); non solo, ma mentre il sondaggio del Lisert mostra chiaramente una fase trasgressiva basale e una successiva fase regressiva che porta all'emersione dell'area costiera, quella del sottosuolo di Grado palesa solamente leggere fluttuazioni nell'ambito del sistema litorale marino, che giunge ad una fase regressiva solamente nel tratto finale con la formazione di un ambiente lagunare, come avviene anche nel sondaggio del Lisert determinata però da una fase trasgressiva. Per quanto attiene ai sondaggi più interni del Lisert messi a confronto con i depositi lagunari di Marano (MAROCCO, 1989; 1991) e di Carole (MAROCCO *et al.*, 1996; GALASSI & MAROCCO, 1999) non si intravedono analogie sequenziali in quanto i primi sono caratterizzati da una certa continuità di sedimentazione nell'ambito del sistema lagunare interno chiusa solamente al top da un impaludamento, mentre gli altri sono definiti da un ciclo trasgressivo continuo, che si esplica nell'ambito di un sistema lagunare e porta via, via, a depositi progressivamente più vicini al margine interno della laguna.

In ogni caso i depositi paralici datati all'interno del Lisert si allineano con tutti gli analoghi depositi nell'area costiera veneto friulana (da MAROCCO 1989; 1991; MAROCCO *et al.*, 1996; GALASSI & MAROCCO, 1999; FONTANA, 2006) e trovano riscontro con altre testimonianze datate nel Golfo di Trieste (ANTONIOLI *et al.*, 2007). Segnatamente questi depositi si collocano in posizioni più basse rispetto al modello teorico glacio-eustatico di variazione del livello relativo del medio mare riportato dagli stessi autori (Fig. 7).

I dati ottenuti dall'analisi delle sequenze sedimentarie del sottosuolo del Lisert permettono ora di definire con una certa precisione l'evoluzione paleogeografia del settore più meridionale del territorio a partire da 10 m di profondità rispetto il l.m.m. (Fig. 8).

Scenario B (Periodo Atlantico). Facendo riferimento alle profondità di 9 ÷ 10 m dal l.m.m. il territorio dell'attuale Lisert era ricoperto da una ampia laguna che inglobava le *Insulae Clarae* e si estendeva a nord delle stesse per alcuni chilometri. All'interno della laguna le acque ricoprivano la parte centrale del bacino (sondaggio S5) e si estendevano molto più a nord dell'area indagata, andando a lambire le balze del Carso. Nell'area rappresentata da tutti gli altri sondaggi studiati affiorava la roccia calcarea. L'estesa paleolaguna comunicava con il mare aperto attraverso il profondo canale del Locovaz-Timavo e beneficiava delle acque dal solco di Moschenizza a nord e del Timavo ad est.

Scenario C (Periodo Sub Boreale). Alla profondità di circa 5 ÷ 6 m dal l.m.m. il sottosuolo palesa una evidente riduzione del bacino lagunare di fronte alle *Insulae Clarae*, che progressivamente assume le carat-

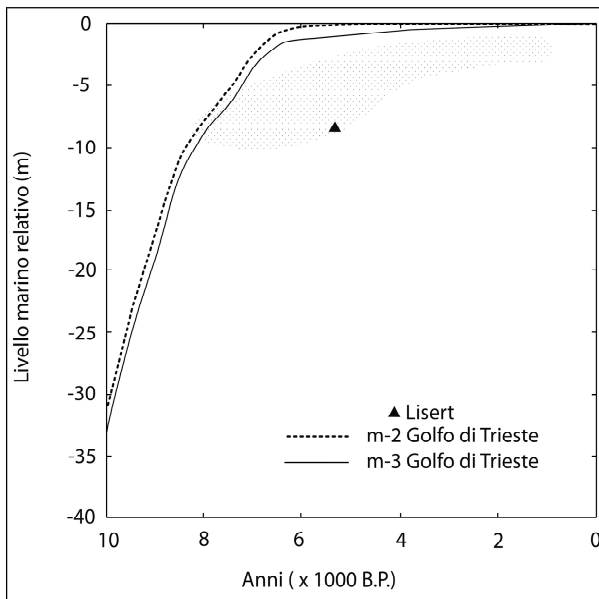


Fig. 7 - Curva isostatica teorica per il golfo di Trieste (da ANTONIOLI *et al.*, 2007; modificata) e area che racchiude i depositi paralici (età B.P.) della costa veneto-friulana (da MAROCCO, 1989; 1991; MAROCCO *et al.*; 1996; GALASSI & MAROCCO 1999; FONTANA, 2006). Il deposito del Lisert è visualizzato con un triangolino.

Isostatic theoretical curve for the Gulf of Trieste (from Antonoli et al., 2007, modified) and area that includes paralic deposits (age B.P.) of the Venetian-Friulian coast (after Marocco, 1989; 1991; Marocco et al.; 1996; Galassi & Marocco 1999; Fontana, 2006). The Lisert deposit is shown with a triangle.

teristiche di un'area emersa, alimentata da apporti solidi fluviali provenienti da ovest. Nel contempo si assiste ad un ampliamento del bacino lagunare interno che si espande progressivamente e va ad interessare gran parte dell'area dove sono ubicati tutti i sondaggi indagati ad eccezione di quella relativa a S1. Alla profondità di circa 4 m dal l.m.m. continua l'emersione dell'area immediatamente a Nord dei rilievi calcarei delle *Insulae* e si riduce progressivamente il bacino lagunare interno dove verso i margini si manifesta la quasi esclusiva presenza di *Ammoscalaria runiana*.

Scenario D (Periodo Sub Atlantico - Epoca romana). Quest'ultimo scenario è reso più semplice, grazie alle notevoli informazioni acquisite dallo studio archeologico di numerose località indagate. Alla profondità di 2÷1 m dal l.m.m. l'ambiente paralico - lagunare si estende in parte anche a nord dei rilievi delle isole e si amplia all'interno lambendo anche le propaggini nord delle stesse. E' probabile che in questo periodo un ramo del fiume *Sontius* (Isonzo) lambisse il lato ovest dell'area e che avesse la foce in quelle località. Una serie di dati geomorfologici (Carta Geo CGT della Regione Friuli Venezia Giulia - foglio Grado/Sezione Monfalcone; MAROCCO, 2008) e nuovi studi archeologici raccolti da una recente ricerca sul ponte romano di Ronchi dei Legionari (ZANIER, 2009) portano a queste ipotesi. Di certo il sistema lagunare che si stava progressivamente impaludando ospitava ai suoi margini ville e terme romane, approdi e imbarcazioni di notevole stazza (DEGRASSI & VENTURA, 2001; AURIEMMA, 2007; AURIEMMA *et al.*, 2007).

Questa ricostruzione paleogeografia dell'area del *Lacus Timavi* nell'Olocene perfeziona tutte le ricostruzioni della linea di costa fino ad oggi presentate (a partire da MAROCCO 1991; BOSCHIAN 1993; MAROCCO *et al.*, 2005; fino a BENJAMIN & BONSALE, 2009 e ANTONIOLI *et al.*, 2009) e mette in evidenza la presenza e la persistenza di un bacino paralico posto a ridosso delle sorgenti del Timavo, in un'area profondamente incisa dalla tettonica locale. Interessanti collegamenti tra questo bacino confinato e il mare aperto e soprattutto una migliore definizione delle linee di costa oloceniche e della paleogeografia dell'area potranno attendersi dal confronto tra le associazioni microfaunistiche rinvenute nel Lisert con

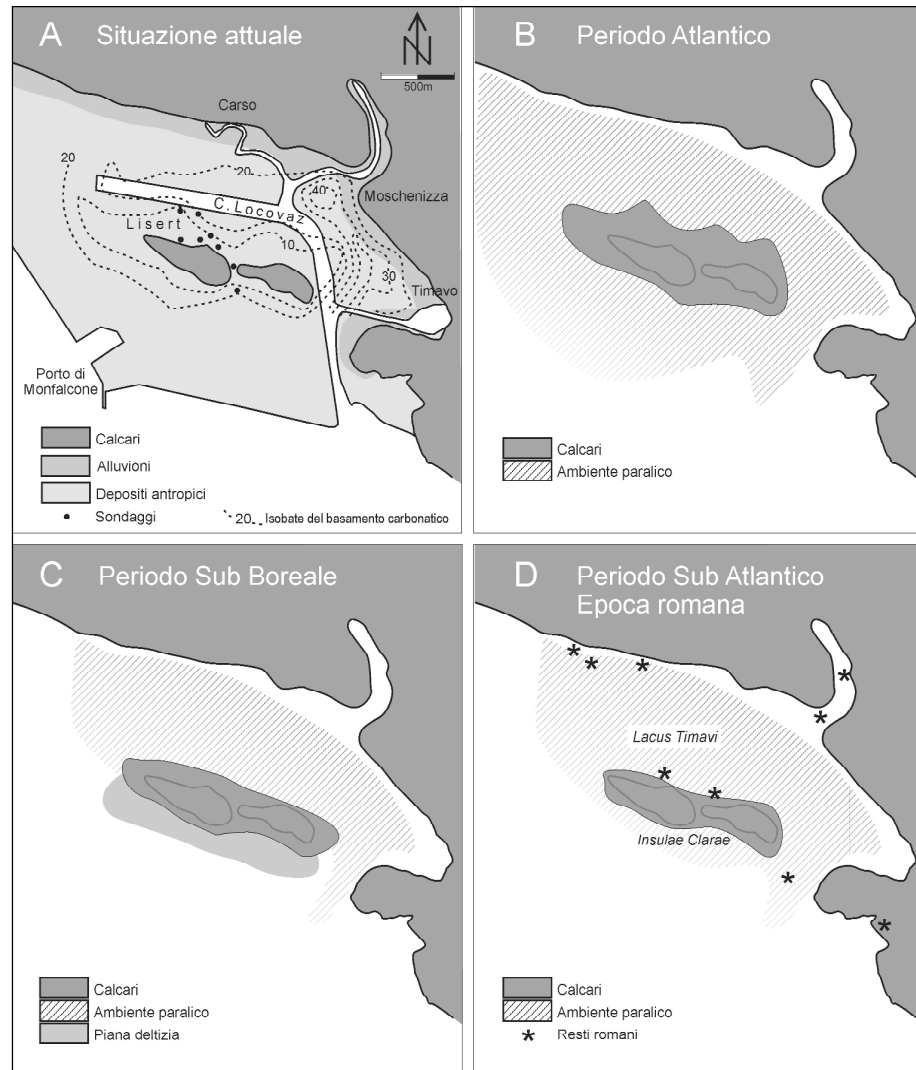


Fig. 8 - Possibili scenari paleogeografici del *Lacus Timavi*:

- A) Situazione attuale
 B) Periodo Atlantico
 C) Periodo Sub Boreale
 D) Periodo Sub Atlantico - Epoca romana.

Possible paleogeographic scenarios of *Lacus Timavi*:

- A) Present Situation
 B) Atlantic Period
 C) Sub Boreal Period
 D) Sub Atlantic Period - Roman Period.

quelle riscontrate in tre sondaggi del golfo di Trieste (COVELLI *et al.*, 2006), il cui studio è previsto per un prossimo futuro (MELIS, Progetto Ateneo di Trieste 2008).

L'unico dato radiometrico ritenuto attendibile inerente i depositi paralici del Lisert rientra, come detto, nell'ampio intervallo di variazione dei valori profondità - età dei depositi tidali della costa veneto-friulana. Tutti questi dati, ovviamente, si posizionano ad un livello più basso rispetto alle curve teoriche glacio-eustatiche m 2 e m 3 di ANTONIOLI *et al.* (2007) e si collocano sui livelli riscontrati nel Golfo di Trieste che sono più bassi delle curve teoriche di ca. 1 m (a 2000 anni B.P.). Rispetto a questi, comunque, il dato raccolto sul Lisert risulta in linea con quelli degli analoghi depositi delle vicine lagune di Caorle e di Marano (e più bassi di altri inerenti

le stesse lagune). E' chiaro che questo è troppo poco per affermare che in quest'area la componente glacio-eustatica e tettonica si sia sommata a quella della subsidenza naturale per condizionare l'evoluzione della zona costiera monfalconese come evidenziato da LAMBECK *et al.* (2004); FERRANTI *et al.* (2006). L'unicità del dato radiometrico, la variabilità nella profondità dei depositi tidali rispetto al livello marino non permettono, a nostro avviso, di calcolare con precisione il tasso tettonico nell'area come fatto a scala regionale dagli autori su riportati. Appare però opportuno rilevare che una certa attività tettonica ha interessato ed interessa l'area del Lisert, come anche dimostrato da livellazioni recenti della costa del Carso triestino (livellazioni I.G.M. recenti - linea C₁ in ANTONIOLI *et al.*, 2009) dove si riscontra un picco di abbassamento del suolo nei pressi di Duino (< di 1 mm/anno; BRAITEMBER C., comm. personale) imputabile a cause tettoniche locali.

In estrema sintesi, questo unico dato raccolto sulla profondità - età dei depositi lagunari del Lisert a nostro avviso deve essere considerato solamente come un indizio, che si spera in un prossimo futuro venga confermato e confortato da dati più significativi sui movimenti verticali del suolo che hanno interessato e che interessano il *Lacus Timavi* nel lasso di tempo qui indagato.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare la dott.ssa Franca Maselli Scotti della locale Soprintendenza, il Consorzio per lo Sviluppo Industriale del Comune di Monfalcone nelle persone del Direttore dott. Gianpaolo Fontana, della dott.ssa Francesca Goriup e della dott.ssa Chiara Boscarol, per aver reso possibile questa ricerca.

Un ringraziamento particolare al prof. Nevio Pugliese e alla dott.ssa Maria Eugenia Montenegro del DiSGAM che hanno reso disponibili i dati dei sondaggi SM 1 e SM 2 e un vivo ringraziamento al collega Ennio Vio (Dipartimento di Biologia dell'Università di Trieste) per la determinazione delle malacofaune.

La ricerca è stata condotta con finanziamento del Progetto di Ateneo "Evoluzione paleoambientale olocenica della zona costiera compresa fra i meridiani Aquileia-Grado e Trieste (Adriatico settentrionale)", coordinato da R. Melis.

LAVORI CITATI

- ALBANI A.D. & SERANDREI BARBERO R. (1990) - *I foraminiferi della Laguna e del Golfo di Venezia*. Mem. Sc. Geol., **XLII**, 271-341.
- ALVE E. & MURRAY J.W. (1999) - *Marginal marine environments of the Skagerrak and Kattegat: a vase-line study of living (stained) benthic foraminiferal ecology*. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **146**, 171-193.
- ANTONIOLI F., ANZIDEI M., LAMBECK K., AURIEMMA R., GADDI D., FURLANI S., ORRU' P., SOLINAS E., GASPARI A., KARINJA S., KOVAČIĆ V. & SURACE L. (2007) - *Sea-level change during the Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (central Mediterranean*

Sea) from archaeological and geomorphological data. Quat. Sci. Rev., **26**, 2463-2486.

- ANTONIOLI F., FERRANTI L., FONTANA A., AMOROSI A.M., BONDESAN A., BRAITENBERG C., DUTTON A., FONTOLAN G., FURLANI S., LAMBECK K., MASTRONUZZI G., MONACO C., SPADA G. & STOCCHI P. (2009) - *Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines*. Quat. Intern., **206** (1-2), 103-133.
- AURIEMMA R. (2007) - *Le strutture portuali minori dell'alto Adriatico*. Atti **XXXVII** Settimana di Studi Aquileiesi.
- AURIEMMA R., DEGRASSI V., GADDI D., MAURO S., ORIOLO F. & RICCOBONO D. (2007) - *Terre di mare: paesaggi costieri dal Timavo alla penisola muggesana*. Terre di mare. L'archeologia dei paesaggi costieri e le variazioni climatiche- Il Progetto Interreg Italia - Slovenia "AltoAdriatico", 75 - 211.
- BENJAMIN J. & BONSALE C. (2009) - *A Feasibility Study for the Investigation of Submerged Sites along the Coast of Slovenia*. International Jour. of Naut. Archaeol., **10**, 1-10.
- BERTACCHI L. (1979) - *Presenze archeologiche romane nell'area meridionale del territorio di Aquileia*. Ant. Alt. Adriatiche, **XV**, 259-289.
- BERTACCHI L. & BERTACCHI P. (1988) - *L'imbarcazione romana di Monfalcone*. Chimica del Friuli, 71 pp.
- BOSCHIAN G. (1993) - *Continental deposits and archaeological data in the Trieste Karst (NE Italy). Evidence of sea-level changes and possibile tectonic activity in Late Pleistocene and Early Holocene*. Geol. Rundschau, **82**, 227 - 233.
- CARTA GEO-CGT DELLA REGIONE DEL FRIULI VENEZIA GIULIA (2008) - *Foglio Grado*.
- CIMERMAN F. & LANGER M.R. (1991) - *Mediterranean Foraminifera*. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti. Opera Academia Scientiarum et Artium Slovenica., Classis 4, Historia Naturalis, **30**, 118 pp.
- COVELLI S., FONTOLAN G., FAGANELI J. & OGRINC N. (2006) - *Anthropogenic markers in the Holocene stratigraphic sequence of the Gulf of Trieste (northern Adriatic Sea)*. Marine Geol., **230**, 29-51.
- CULVERT S.J. & HORTON B.P. (2005) - *Infauunal foraminifera from the Outer Banks, North Carolina, USA*. Jour. Foram. Res., **35**, 148-170.
- DEGRASSI V. & VENTURA P. (1999) - *Ricerche nell'area del Lacus Timavi: la rete stradale nelle fonti archivistiche*. Ant. Alt. Adriatiche, **XLV**, 125-145.
- DEGRASSI V. & VENTURA P. (2001) - *Le ville del Lacus Timavi, "Tempus edax rerum", Roma ed il Timavo; appunti di ricerca*. Gruppo Speleologico Flondar, 29-62.
- DONNICI S. & SERANDREI BARBERO R. (2002) - *The benthic foraminiferal communities of the northern Adriatic continental shelf*. Mar. Micropal., **44** (3-4), 93-123.
- FERRANTI L., ANTONIOLI F., MAUZ B., AMOROSI A., DAI PRÀ G., MASTRONUZZI G., MONACO C., ORRÙ P., PAPPALARDO M., RADKE U., RENDA P., ROMANO P., SANSÒ P. & VERRUBBI V. (2006) - *Marker of the last interglacial sea-level high stand along the coast of Italy: Tectonic implications*. Quaternary International, **145-146**, 30-54.
- FOLK R.L. & WARD W.C. (1957) - *Brazos River bar: a story in the significance of the grain size parame-*

- ters. *Jour. Sed. Petrol.*, **43**, 224-237.
- FONTANA A. (2006) - *Evoluzione geomorfologica della bassa pianura friulana e sue relazioni con le dinamiche insediative antiche*. Pubbl 47, GORTANIA, Museo Friulano di Storia Naturale, 287 pp.
- FRENZEL P., TECH T. & BARTHOLDY J. (2005) - *Checklist and annotated bibliography of Recent Foraminifera from German Baltic Sea coast*. *Studia Geologica Polonica*, **124**, 67-86.
- GALASSI P. & MAROCCO R. (1999) - *Relative sea-level rise, sediment accumulation and subsidence in the Caorle Lagoon (northern Adriatic Sea, Italy) during the Holocene*. *Il Quaternario*, **12(2)**, 249-256.
- GREEN M.A., ALLER R.C. & ALLER J.Y. (1993) - *Carbonate dissolution and temporal abundances of foraminifera in Long Island Sound sediments*. *Limnol. and Oceanogr.*, **38**, 331-345.
- GUELORGET O. & PERTHUISOT J.P. (1983) - *Le domaine paraliq. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement*. Travaux du Laboratoire de Géologie, Ecole Normale Supérieure Paris, **16**, 1-136.
- HORTON B.P. & MURRAY J.W. (2006) - *Patterns in cumulative increase in live and dead species from foraminiferal time series of Cowpen Marsh, Tees Estuary, UK: Implication for sea-level studies*. *Mar. Micropal.*, **58**, 287-315.
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A. & SILENTI S. (2004) - *Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr*. *Quaternary Science Reviews*, **23**, 1567 - 1598.
- MAROCCO R. (1989) - *Evoluzione quaternaria della laguna di Marano (Friuli Venezia Giulia)*. *Il Quaternario*, **2**, 125-137.
- MAROCCO R. (1991) - *Evoluzione tardopleistocenica-olocenica del delta del F. Tagliamento e delle lagune di Marano e Grado (Golfo di Trieste)*. *Il Quaternario*, **4**, 223-232.
- MAROCCO R. (2008) - *La villa di Ronchi nell'ambito della geologia della piana isontina*. In "Luoghi di vita rurale. Un percorso che attraversa i secoli". Comune di Ronchi, 9-13 pp.
- MAROCCO R., MELIS R., MONTENEGRO M.E., PUGLIESE N., VIO E. & LENARDON G. (1996) - *Holocene evolution of the Carole barrier-lagoon (northern Adriatic sea, Italy)*. *Rivista Ital. Paleont. e Strat.*, **102**, 3, 385-396.
- MAROCCO R., MASELLI SCOTTI F., MELIS R. & VIO E. (2005) - *Il sottosuolo del castrum di Grado (Adriatico settentrionale): Studi preliminari per una ricostruzione paleogeografia*. *Il Quaternario*, **18 (2)**, 135-146.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS (1975) - Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland.
- MURRAY J.W. (1991) - *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. Longman, Harlow, 397 pp.
- MURRAY J.W. & ALVE. E. (1999) - *Taphonomic experiments on marginal marine foraminiferal assemblages: how much ecological information is preserved?* *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.*, **149**, 183-197.
- NOTA D.J.G., (1958) - *Sediments of the Western Guiana shelf*. Reports of the Orinoco Shelf Expedition, Meded Vol. 50, Landbouwhogeschool, Wageningen, 1-98.
- PASSEGA R. (1957) - *Texture as characteristics of clastic deposition*. *Bulletin American Ass. of Petr. Geol.*, **41 (9)**, 1952-1964.
- PASSEGA R. (1964) - *Grain size representation by CM patterns as a geological tool*. *Jour. Sed. Petrol.*, **34**, 830-847.
- REIMER P.J., BAILLIE M.G.L., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BERTRAND C.J.H., BLACKWELL P.G., BUCK C.E., BURR G.S., CUTLER K.B., DAMON P.E., EDWARDS R.L., FAIRBANKS R.G., FRIEDRICH M., GUILDERSON T.P., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KROMER B., MCCORMAC G., MANNING S., RAMSEY C.B., REIMER R.W., REMMELE S., SOUTHON J.R., STUIVER M., TALAMO S., TAYLOR F.W., VAN DER PLICHT J., WEYHENMEYER C.E. (2004) - *IntCal04 Terrestrial Radiocarbon Age Calibration, 0-26 cal kyr BP*. *Radiocarbon*, **46 (3)**, 1029-1059.
- SEIDENKRANTZ M.-S. & KNUDSEN K.L. (1993) - *Middle Weichselian to Holocene palaeoecology in the eastern Kattegat, Scandinavia: foraminifera, ostracods and ¹⁴C measurements*. *Boreas*, **22 (4)**, 299-310.
- SGARELLA F. & MONCHARMONT ZEI M. (1993) - *Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology*. *Boll. Soc. Paleont. It.*, **32**, 145-264.
- STACUL A. (1995 -1996) - *La geologia della piana del Lisert. Geomorfologia del substrato e litostratigrafia della copertura*. Tesi di laurea inedita. Università di Trieste. 67 pp.
- TENTOR M., TUNIS G., & VENTURINI S., (1994) - *Schema stratigrafico e tettonico del Carso Isontino*. *Natura Nascosta*, **9**, 1-32.
- ZANIER K., (2009) - *Tra Aquileia e Lacus Timavi. Il contesto del »ponte« romano di Ronchi dei Legionari*, Studi e ricerche sulla Gallia Cisalpina 22, Edizioni Quasar, Roma,
- ZANINETTI L. (1992) - *Les Foraminifères des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France): milieu de vie et transport dans les salin, comparaison avec les microfaunes marines*. *Géol. Méditer.*, **IX**, 4, 447-470.

Ms. ricevuto il 3 aprile 2009
 Testo definitivo ricevuto il 30 luglio 2009

Ms. received: April 3, 2009
 Final text received: July 30, 2009