

DIPARTIMENTO
DI SCIENZE DELLA TERRA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

**STUDIO GEOLOGICO NELL'AREA MARINA DI REALIZZAZIONE
DEL NUOVO PORTO DI FIUMICINO E IDENTIFICAZIONE DEL
PALEO-FONDALE DI ETA' ROMANA**

- Relazione Tecnica -

- Roma, Novembre 2014 -

ARTICOLAZIONE DEL LAVORO

Il presente studio, in continuazione con quanto già fatto nel precedente progetto di ricerca (2005-2006) ha avuto come scopo fondamentale l'analisi, attraverso i dati di 12 perforazioni, della successione stratigrafica che si sviluppa nel sottosuolo del Delta del Tevere nell'area di realizzazione del porto in oggetto, nonché l'individuazione del paleo-fondale d'età romana al tempo di attività dei porti imperiali di Claudio e Traiano. L'indagine ha consentito, contestualmente, di definire i paleoambienti deposizionali che sono andati sviluppandosi negli ultimi 6000 anni e di entrare più nel merito dei processi che erano attivi alla foce del Tevere.

Le dodici perforazioni sono solo una parte di un più completo piano d'indagini geognostiche (complessivamente 80 perforazioni) che sono state eseguite in quest'area, al fine di avere un quadro quanto più dettagliato possibile dei diversi tipi di sedimenti presenti e di come questi sono organizzati sia verticalmente, sia lateralmente. Oltre alle osservazioni puntuali sui singoli sondaggi e alla loro descrizione, sono state condotte indagini di diversa tipologia al fine di raggiungere lo scopo proposto attraverso la lettura integrata dei loro risultati. Tutte le indagini hanno contribuito a vari livelli di risoluzione alla ricostruzione paleo-ambientale necessaria per identificare la traccia del paleo-fondale, e ciascuna si articola con approcci propri tenendo costantemente conto delle conoscenze derivanti dalla letteratura scientifica (cap. 1) dalla stratigrafia dei sondaggi (cap. 5) e dall'indagine granulometrica (cap. 6); quest'ultima particolarmente rivolta a valutare le possibili condizioni energetiche e i battenti d'acqua che hanno presieduto alla sedimentazione e che consentono di definire gli ambienti di deposizione. Queste indagini sono state inoltre integrate con quelle sulla datazione di resti organici (cap. 7) la quale ha contribuito all'inquadramento temporale della successione stratigrafica e a definire, quando è stato possibile, i tassi di sedimentazione in corrispondenza della foce del Tevere.

Le dodici perforazioni, distribuite tra il settore settentrionale e meridionale dell'area oggetto d'indagine, hanno consentito, attraverso la loro correlazione, la costruzione di due pannelli orientati, pressappoco, in direzione est-ovest (terra-mare); il pannello meridionale, in particolare, si colloca sulla stessa direttiva di quello che era stato costruito con le precedenti indagini, integrandolo ulteriormente e con maggiore dettaglio. Questi pannelli di correlazione unitamente ai dati granulometrici e a quelli derivanti dalle datazioni C^{14} , hanno rappresentato il punto di partenza per la definizione degli ambienti deposizionali che si sono andati via via sviluppando, all'interno della successione indagata, in relazione alla progradazione del sistema deltizio del Tevere negli ultimi 6000 anni. Queste differenti elaborazioni hanno così permesso di

identificare, pur con margini di errori accettabili, la traccia del fondale di età romana e di pervenire così a una ricostruzione più dettagliata della successione sedimentaria investigata.

Nel generale contesto dell'elaborazione dei dati si è tenuto conto delle più recenti indagini che sono state eseguite sul Delta del Tevere (Milli et al., 2013; Di Bella et al., 2013) e di altre tuttora in progress, che hanno preso in considerazione l'intera successione sedimentaria tiberina sviluppatasi durante l'ultimo ciclo glaciale-interglaciale (ultimi 120.000 anni), sia nel settore più interno della città di Roma, sia al di sotto della attuale piana deltizia, sia nel settore marino fino al ciglio della attuale piattaforma continentale.

Al lavoro hanno partecipato:

Prof. S. Milli (responsabile scientifico, del progetto per conto del Dipartimento di Scienze della Terra, SAPIENZA Università di Roma) ed estensore della presente relazione

Dr. P. Tortora, Dipartimento di Scienze della Terra, SAPIENZA Università di Roma

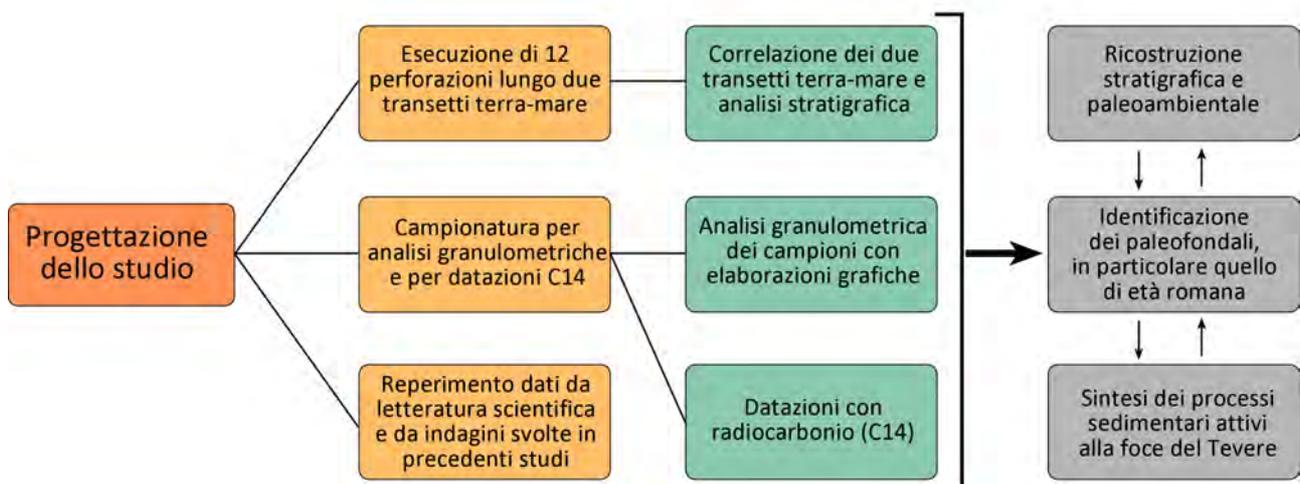
Dr. G. Gaglianone, Dipartimento di Scienze della Terra, SAPIENZA Università di Roma

Dr. M. Ticconi, libero professionista.

Le analisi granulometriche sono state eseguite presso il Dipartimento di Scienze della Terra SAPIENZA Università di Roma, e quelle di datazione con il radiocarbonio presso il CEDAD – Centro di Datazione e Diagnostica, Università del Salento (Lecce).

Per singole problematiche ci si è avvalsi della collaborazione del Dr. B. Giaccio dell'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del CNR, della Prof.ssa D. Magri e della Dr.ssa A. Celant del Dipartimento di Biologia Ambientale, SAPIENZA Università di Roma e del Dr. S. Mignardi del Dipartimento di Scienze della Terra, SAPIENZA Università di Roma.

FLUSSO DELLE OPERAZIONI ESEGUITE IN QUESTO STUDIO



INDICE

PRIMA PARTE

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO	pag. 6
2. STRATIGRAFIA ED EVOLUZIONE DELLA SUCCESSIONE TARDO QUATERNARIA DEL DELTA DEL TEVERE	pag. 9
2.1. Fase di basso stazionamento	pag. 13
2.2. Fase trasgressiva	pag. 14
2.3. Fase di alto stazionamento	pag. 16
3. MORFOLOGIA E PROCESSI DEPOSIZIONALI ATTUALI DEL DELTA DEL TEVERE	pag. 19
4. DINAMICA DEI SEDIMENTI E LORO DISTRIBUZIONE SUL FONDALE SOTTOMARINO	pag. 23

SECONDA PARTE

5. STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI E CAMPIONATURE	pag. 30
5.1. Metodologia	pag. 30
5.2. Descrizione e interpretazione	pag. 32
<i>5.2.1. Sezione Nord</i>	pag. 32
<i>5.2.2. Sezione Sud</i>	pag. 37
<i>5.2.3. Considerazioni generali</i>	pag. 39
Stratigrafie dei Sondaggi – Sezione Nord	pag. 42
Stratigrafie dei Sondaggi – Sezione Sud	pag. 71
6. INDAGINE SULLA GRANULOMETRIA DEI SEDIMENTI	pag. 92
6.1. Analisi di laboratorio e prime elaborazioni	pag. 92
6.2. Tipi di sedimento nei sondaggi	pag. 93
<i>6.2.1. Sezione Sud</i>	pag. 97
<i>6.2.2. Sezione Nord</i>	pag. 100
6.3. Stime paleo-batimetriche	pag. 103
<i>6.3.1. Metodo</i>	pag. 103
<i>6.3.2. Sezione Sud</i>	pag. 103
<i>6.3.3. Sezione Nord</i>	pag. 107
7. DATAZIONI RADIOCARBONIO, PALEO-FONDALI E AMBIENTI DEPOSIZIONALI	pag. 108
7.1. Dati cronologici	pag. 108
7.2. Assetto deposizionale e paleo-fondale romano	pag. 110
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI CITATI NEL TESTO	pag. 117

PRIMA PARTE

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO

Il delta del Tevere costituisce uno dei più studiati apparati deltizi dell'area mediterranea, ed è particolarmente noto anche in ambito internazionale a seguito delle numerose pubblicazioni che sono state prodotte nel corso degli anni (Almonti et al., 1990; Amorosi e Milli, 2001; Belfiore et al., 1987; Bellotti, 2000; Bellotti e Tortora, 1985, 1996; Bellotti et al., 1987, 1989, 1990, 1993, 1994, 1995, 2000, 2007, 2009, 2011; Belluomini et al., 1986; Bortoluzzi et al., 1982; Caputo et al., 1987; Chiocci e Milli, 1995; Chiocci e Normark, 1992; Di Bella et al., 2011, 2013; Di Rita et al., 2010, 2014; Giraudi, 2004; Giraudi et al., 2009; Goiran et al., 2009; Milli, 1997; Milli et al., 2013). Esso si estende lungo il margine orientale del Bacino Tirrenico, un bacino che iniziò a formarsi a partire dal Miocene (Scandone, 1980; Malinverno e Ryan, 1986) come conseguenza delle fasi di estensione che si svilupparono alle spalle della catena appenninica, in migrazione verso i settori orientali, a causa del processo di subduzione della placca africana al di sotto di quella europea (Doglioni et al., 2004 con riferimenti bibliografici)(Fig. 1).

Lungo il margine tirrenico laziale la tettonica estensionale che caratterizza questo bacino ha dato luogo alla formazione di una serie di alti e bassi strutturali, principalmente orientati NNW-SSE/NW-SE e subordinatamente NE-SW, che hanno generato una serie di bacini riempiti con sedimenti clastici durante il Pliocene e il Pleistocene (Mariani e Prato, 1988; Barberi et al., 1994 con riferimenti bibliografici). Uno di questi bacini, quello Romano, è sede della successione tardo Quaternaria del Tevere; esso si colloca nel settore centrale del Lazio e si estende a nord e a sud del Tevere per circa 135 km (Fig. 2). Lo sviluppo di questo bacino iniziò nel tardo Pliocene e fu accompagnato da un continuo sollevamento tettonico regionale (Milli, 1997; Bordoni e Valensise, 1998; Giordano et al., 2003) e da una intensa attività vulcanica che raggiunge il suo acme nel Pleistocene medio-superiore, quando si andarono formando i complessi vulcanici della Provincia Magmatica Romana (Locardi et al., 1976; Cioni et al., 1993; De Rita et al., 1993, 1995; Karner et al., 2001).

L'architettura stratigrafica del Bacino Romano è caratterizzata da numerose unità deposizionali, che costituiscono delle sequenze di basso rango sviluppate su lassi di tempo variabili dai 30.000 ai 120.000 anni, le quali sono impilate a costituire due unità di rango superiore chiamate, rispettivamente, Sequenza di Monte Mario (Pleistocene inferiore) e Sequenza di Ponte Galeria (tardo Pleistocene inferiore-Olocene) (Milli, 1997; Milli e Palombo 2011; Milli et al., 2013) (Fig. 3).

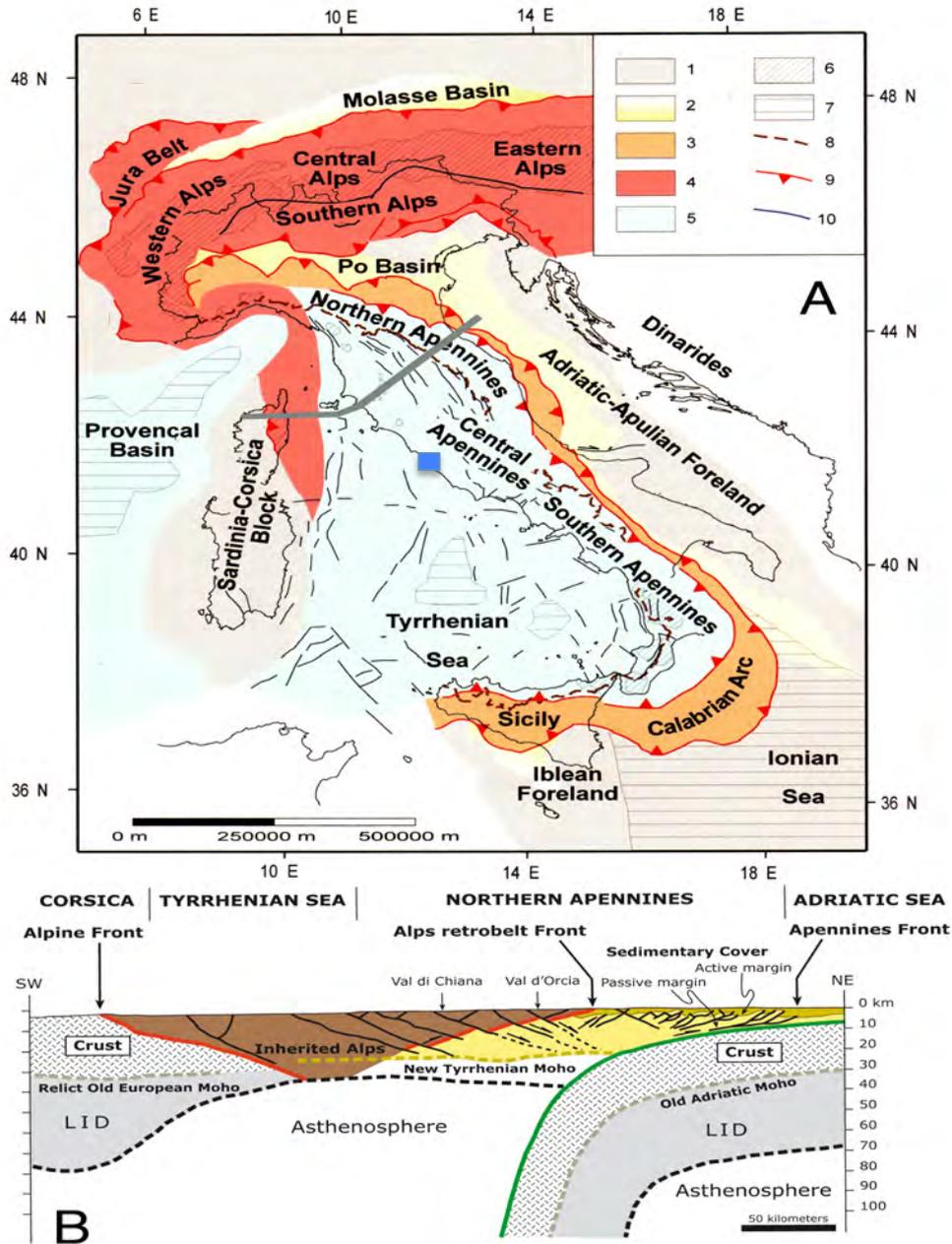


Fig.1. A) Carta tettonica della penisola Italiana e dei settori circostanti. 1) aree di avampaese; 2) depositi di avanfossa; 3) settori appenninici che si caratterizzano per un regime tettonico compressivo; 4) unità che si sono accavallate l'una sull'altra durante l'orogenesi alpina; 5) aree interessate da tettonica estensionale; 6) basamento cristallino; 7) aree con crosta oceanica; 8) Spartiacque appenninico; 9) sovrascorrimenti; 10) faglie. L'area in blu chiaro indica la posizione del delta del Tevere. B) Sezione geologica schematica del sistema Appennino-Mar Tirreno. La traccia della sezione è riportata nella figura A. Figura modificata da Carminati et al. (2004).

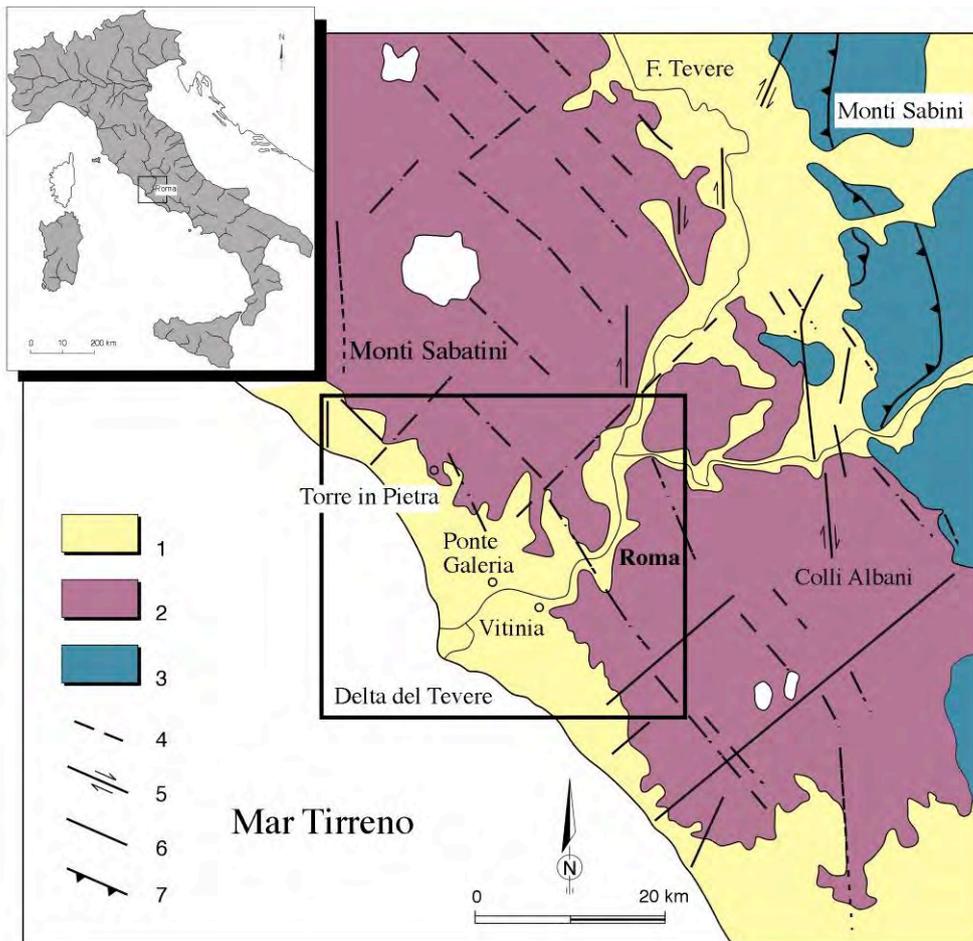


Fig. 2. Schema geologico del margine tirrenico dell'Italia centrale. Legenda 1) depositi sedimentari di età compresa tra il Messiniano e l'Olocene; 2) lave e depositi vulcanoclastici di età plio-pleistocenica; 3) depositi sedimentari di età meso-cenozoica; 4) principali faglie sepolte; 5) faglie trascorrenti; 6) faglie normali; 7) sovrascorrimenti. Il riquadro indica l'area dove si sviluppa la successione tardo pleistocenica-olocenica del sistema tiberino.

2. STRATIGRAFIA ED EVOLUZIONE DELLA SUCCESSIONE TARDO QUATERNARIA DEL DELTA DEL TEVERE

Tra le sequenze di basso rango la PG9 anche chiamata Sequenza Deposizionale del Tevere (SDT) è quella meglio preservata ed è anche quella dove sono sviluppati i depositi che sono oggetto di questo studio geologico. La successione del tardo Pleistocene superiore/Olocene del delta del Tevere costituisce, infatti, una tra le più complete registrazioni di sequenza deposizionale ad alta frequenza che si è andata formando durante l'ultimo ciclo glaciale-interglaciale (ultimi 120 ka) e dove sono riconoscibili, con spessori e differente estensione laterale, tutti e tre i gruppi di sistemi deposizionali che si sviluppano all'interno di una sequenza. Questa successione costituisce, inoltre, uno tra gli esempi meglio preservati che

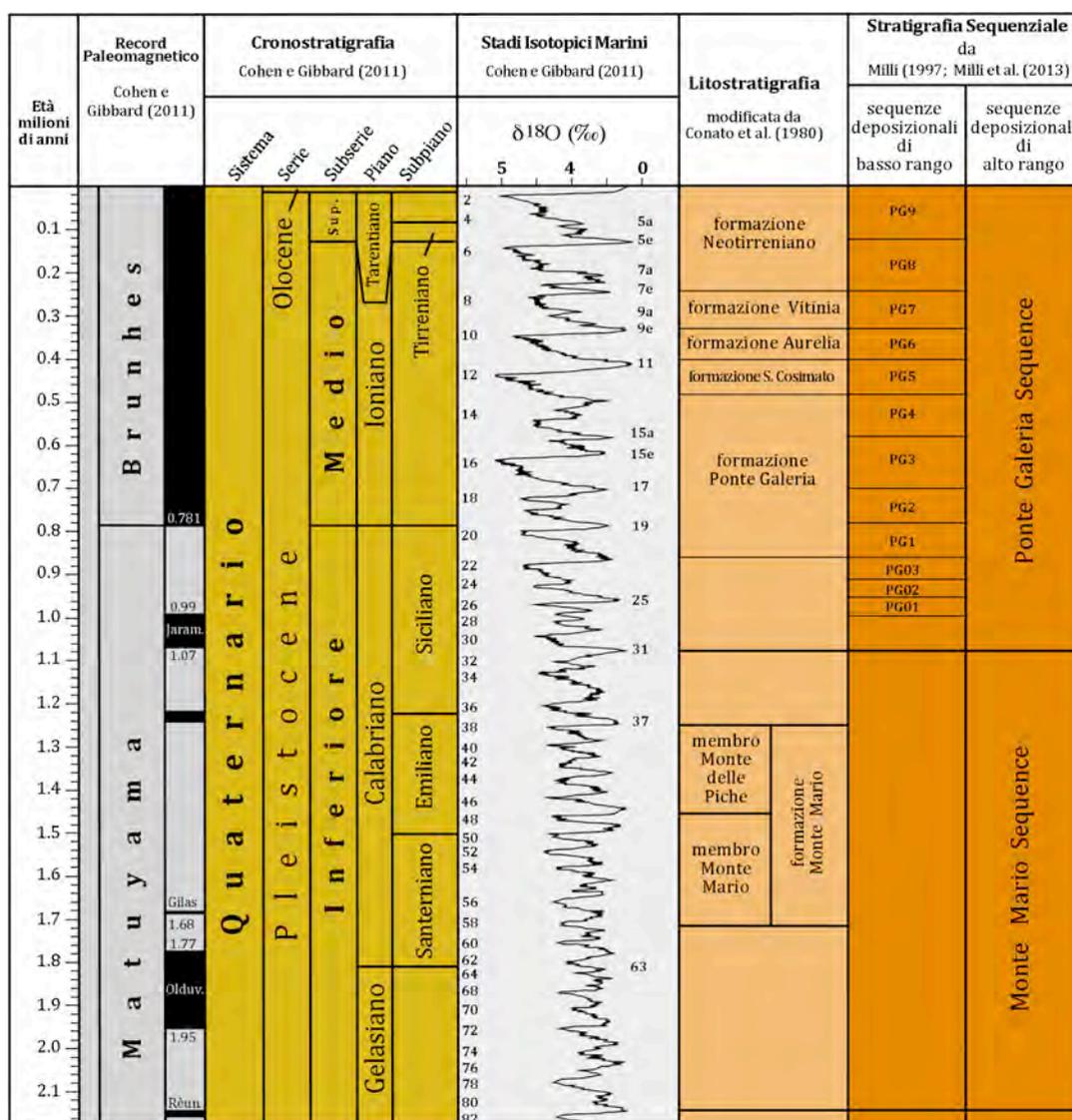


Fig. 3. Schema stratigrafico dei depositi quaternari del Bacino Romano. Da Milli et al. (2013).

documenta il passaggio da un estuario a dominio ondoso a un delta a dominio ondoso nel corso di sviluppo della sequenza deposizionale.

Più in particolare la successione tiberina costituisce uno spesso corpo sedimentario, con una complessa stratigrafia interna, che recentemente è stata investigata con estremo dettaglio integrando una enorme quantità di dati derivanti dalle stratigrafie di oltre 300 pozzi, da analisi petrografiche e paleontologiche (foraminiferi, ostracodi, pollini e macrofossili di piante), da oltre 60 datazioni di ^{14}C , dall'esame dei caratteri geomorfologici e archeologici dell'area e dai numerosi dati di letteratura. Questi nuovi dati e la loro integrazione e interpretazione hanno permesso di ricostruire l'andamento dell'articolata superficie di base presente alla base della SDT (Fig. 4), di produrre nuovi pannelli di correlazione (Fig. 5) e di descrivere con molto più dettaglio la successione stratigrafica presente al disotto dell'attuale piana deltizia del Tevere, la quale può essere suddivisa in tre principali unità delimitate da superfici di inconformità (Fig. 5).

La più bassa di queste unità stratigrafiche è costituita da argille e argille siltose con locali intercalazioni di livelli sabbiosi, in cui è presente una associazione a foraminiferi planctonici e bentonici indicativa di un ambiente di piattaforma (circalitorale). L'età di questi depositi è stata attribuita al Pleistocene inferiore (Emiliano, 1,2-1,5 Ma) sulla base del rinvenimento al loro interno di *Hyalinea balthica* (Carboni, 1993).

L'unità stratigrafica intermedia è costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose con ciottoli di rocce carbonatiche di provenienza appenninica e con rari clasti di rocce vulcaniche derivanti dal complesso della Provincia Magmatica Romana. Tali depositi affiorano lungo il margine della piana costiera del Tevere, hanno un'età essenzialmente pleistocenico media e appartengono ad una delle sequenze ad alta frequenza che sono state riconosciute nell'area (Milli, 1997; Milli et al., 2008) (Fig. 3).

L'ultima delle tre unità è rappresentata dalla Sequenza Deposizionale del Tevere. Questa unità costituisce una sequenza deposizionale incompleta di basso rango, tutt'ora in fase di sviluppo, il cui limite inferiore è una superficie di erosione che tronca i sottostanti depositi del Pleistocene inferiore e medio; il limite superiore è rappresentato dalla attuale superficie deposizionale (Fig. 5).

La superficie di erosione alla base della SDT iniziò a formarsi con la caduta del livello marino successiva all'ultima fase di alto stazionamento del livello marino correlata con lo stadio isotopico dell'ossigeno 5 (Fig. 3). Il punto più basso di questa caduta coincise con

l'ultima fase di espansione glaciale e in particolare con il picco negativo dello stadio 2 (tra 19.000 e 17.000 anni fa).

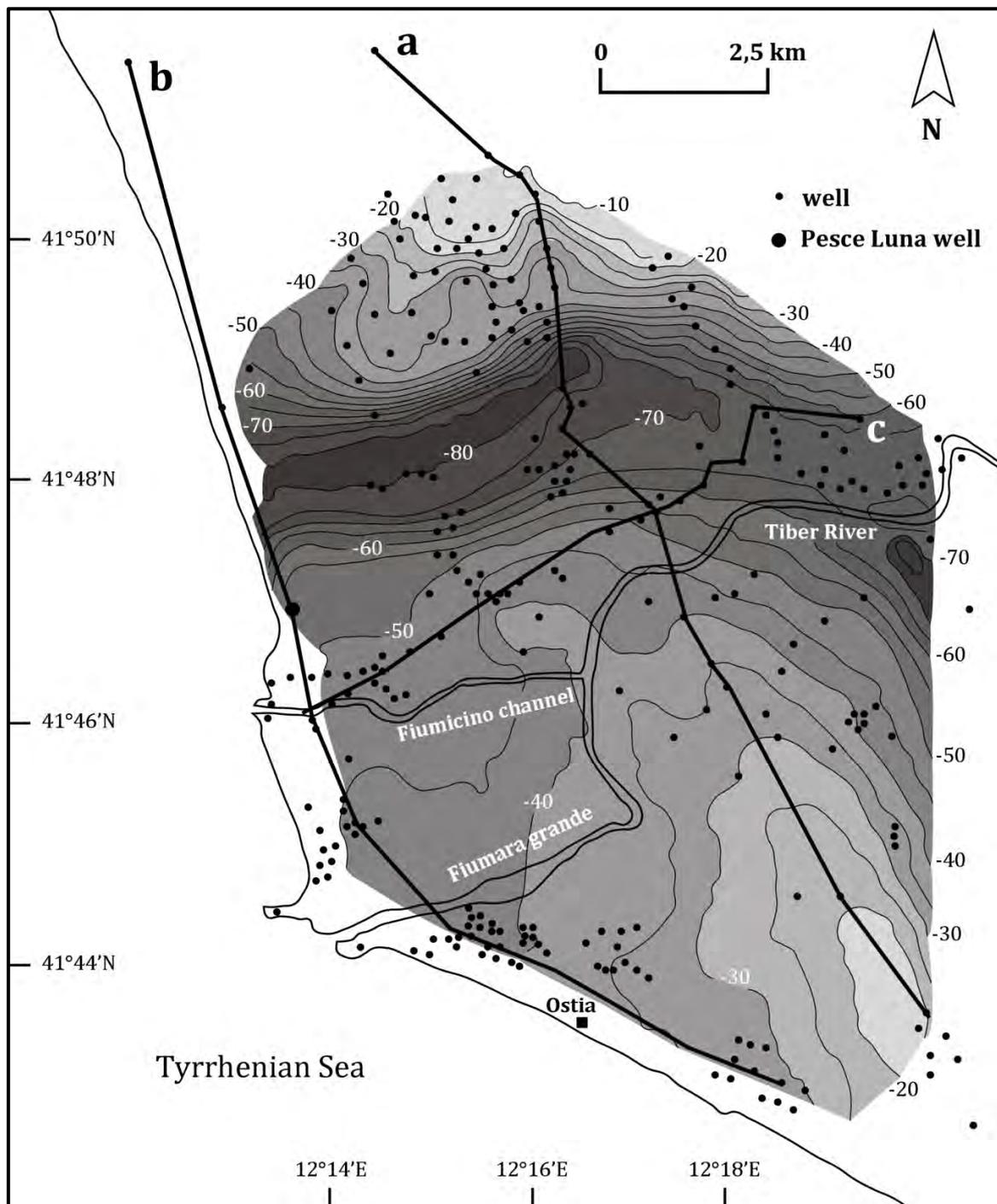


Fig. 4. Carta dell'andamento della inconformità presente alla base della Sequenza Deposizionale del Tevere (in metri rispetto all'attuale livello del mare). La carta mostra anche la posizione dei pozzi utilizzati per la costruzione dei pannelli di correlazione di figura 5 (da Milli et al., 2013).

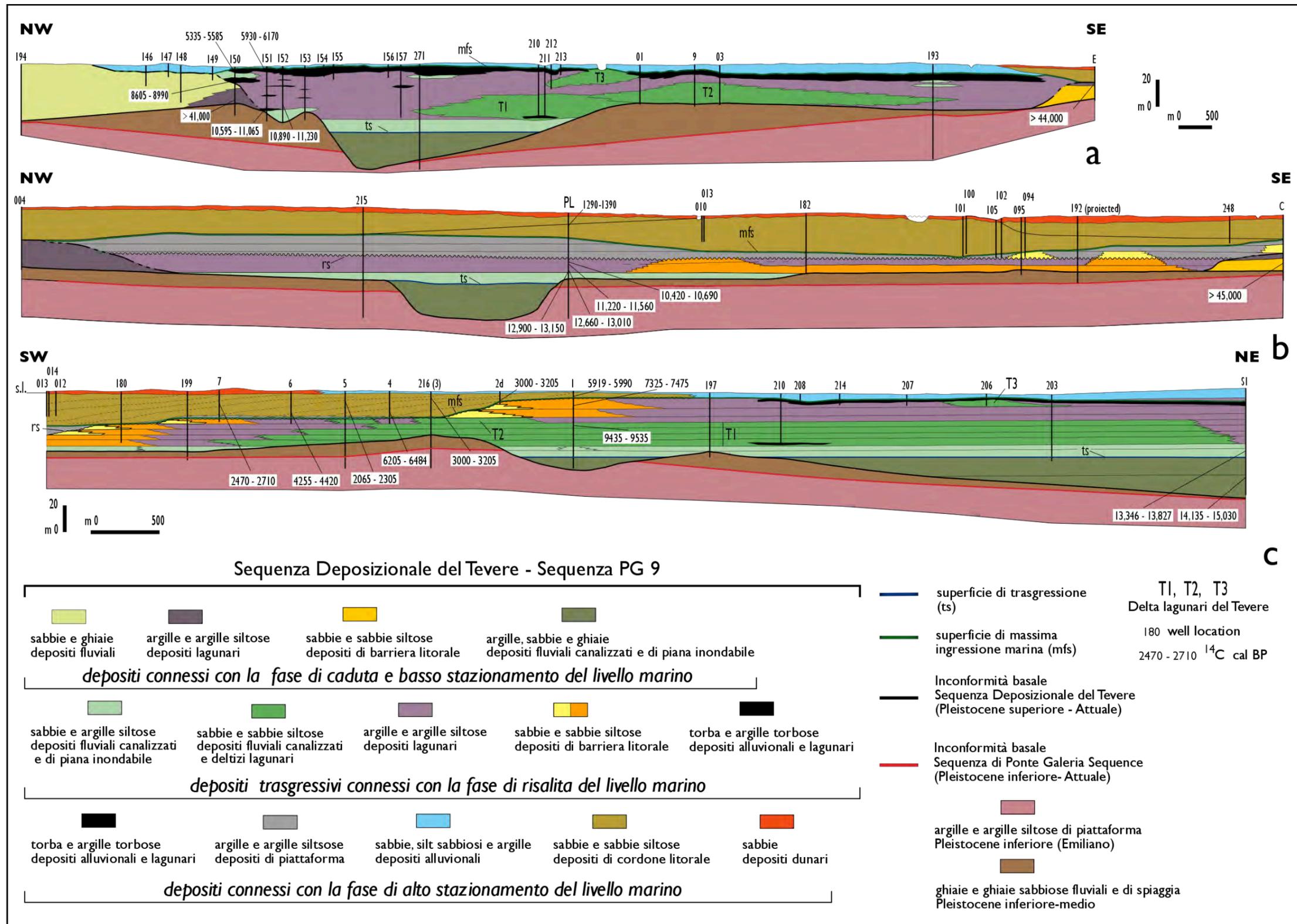


Fig. 5. Sezioni stratigrafiche della Sequenza Deposizionale del Tevere. Per la traccia delle sezioni vedi figura 4. Modificata da Milli et al. (2013).

In termini di stratigrafia sequenziale tutto l'intervallo compreso tra la caduta, la fase di basso stazionamento e quella iniziale di risalita del livello marino ha dato luogo ad una serie di depositi conosciuti, in generale come depositi di basso stazionamento. Viceversa sono definiti depositi trasgressivi quelli che si andarono formando durante la rapida risalita del livello marino compresa tra 14.000 e 6.000 anni fa; mentre sono attribuiti alla fase di alto stazionamento del livello marino quelli che si sono andati sviluppando negli ultimi 6.000 anni.

Più in dettaglio, e tenendo conto di quanto detto in precedenza, possiamo considerare tutta la successione sedimentaria tiberina come il prodotto di tre principali fasi evolutive che di seguito vengono descritte, al fine di avere un quadro quanto più possibile esaustivo della evoluzione di questo complesso sistema deltizio (Fig. 6).

2.1. Fase di basso stazionamento

La fase di basso stazionamento si sviluppò tra 120 e 14 ka. I nuovi dati consentono di differenziare i depositi formati durante la caduta relativa del livello marino da quelli formati durante la fase di basso stazionamento e iniziale risalita. I primi costituiscono dei depositi preservati nei settori laterali della valle alluvionale del Tevere (Fig. 5, pannelli a e b). Alla base di questi depositi è presente un'importante superficie di erosione che si andò formando durante la caduta relativa del livello marino e che coincide con i limiti della valle incisa del Tevere. Quest'ultima costituisce un'importante elemento morfologico che si estende dalla costa all'area urbana di Roma essendosi impostata lungo una depressione strutturale (*graben*) che coincide con l'attuale corso del Tevere (Bellotti et al., 1994). Questa depressione (Fig. 5), evidenziata nei pannelli di correlazione, sembra continuare anche nella porzione più interna della piattaforma andando così a costituire la paleovalle del Tevere che si formò durante la caduta del livello marino post-Tirreniana e che venne parzialmente rielaborata durante la successiva fase di risalita.

I depositi connessi con la caduta del livello marino sono presenti nelle porzioni settentrionali e meridionali dell'area investigata e sono attribuibili ad ambienti fluviali, lagunari e di spiaggia. In particolar modo i depositi fluviali, spessi dai 10 ai 30 m ed estesi lateralmente per 3-5 km, mostrano litofacies da sabbiose a ghiaiose che sono state interpretate come il riempimento di canali a bassa sinuosità nell'ambito di un sistema di tipo *braided*. I depositi di spiaggia sono costituiti da ghiaie e sabbie ghiaiose che sono state

attribuite ai subambienti di battigia e spiaggia sommersa superiore e inferiore. Le facies lagunari sono invece rappresentate da fanghi ricchi in sostanza organica che mostrano frequenti intercalazioni di sabbie spesso associate a detriti conchigliari. Datazioni con il radiocarbonio indicano per questi depositi un'età superiore ai 40.000 anni.

I depositi formati durante la fase di basso stazionamento e iniziale risalita del livello marino occupano la porzione più depressa della valle incisa e sono spessi circa 24 m. Essi sono rappresentati da sedimenti sabbiosi e ghiaioso sabbiosi fluviali che passano lateralmente e verticalmente a fanghi di piana inondabile. Nella nostra interpretazione questi depositi (età radiometrica 14-15 ka) dovrebbero passare verso mare ad un sistema deltizio (Fig. 6a).

2.2. Fase trasgressiva

I depositi relativi alla fase trasgressiva si appoggiano discordantemente sulla superficie di erosione alla base della TDS e costituiscono la gran parte dei sedimenti presenti al di sotto della attuale piana deltizia. Questi depositi mostrano una distribuzione delle facies e una architettura stratigrafica dei sistemi deposizionali dove si possono riconoscere, da terra verso mare, 1) un sistema fluviale e deltizio (delta lagunare), 2) un sistema costiero di barriera-laguna e un sistema di transizione-piattaforma (Fig. 6). La complessa interdigitazione tra questi sistemi deposizionali costituisce la risposta alla trasgressione connessa con la risalita del livello marino che portò alla trasformazione della valle incisa del Tevere in un estuario dominato dall'azione delle onde (*sensu* Dalrymple et al., 1992; Nichol et al., 1994; Boyd et al., 2006).

In generale i depositi della fase trasgressiva sono organizzati in sequenze di facies che hanno caratteri diversi nei differenti contesti ambientali; esse riflettono la stretta interazione tra la risalita discontinua del livello marino e le variazioni dell'apporto sedimentario, modulate dai concomitanti cambiamenti climatici. Più in dettaglio durante le iniziali fasi di risalita del livello del mare, il delta del Tevere di basso stazionamento fu rapidamente annegato e rielaborato (Fig. 6b) con la formazione, al tetto del sistema deltizio, di una superficie di trasgressione. Successivamente, con la progressiva risalita relativa del livello marino e la sommersione della valle incisa si venne a sviluppare un estuario a dominio ondoso caratterizzato, da mare verso terra, da una barriera litorale alle spalle della quale era presente un bacino lagunare al cui interno il Tevere andò formando il corpo deltizio T1, attivo fino a circa 9200 anni fa (Fig. 5 e 6c). Il delta T1 mostra in sezione una geometria

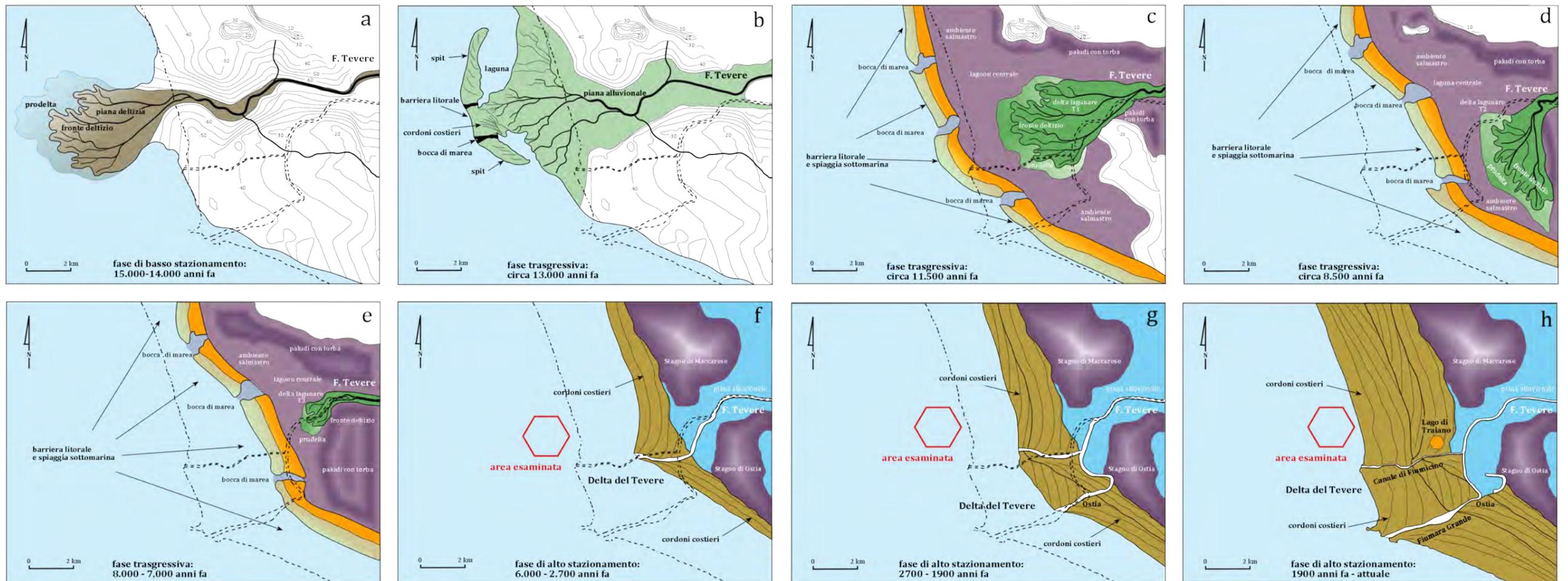


Fig. 6. Schemi paleogeografici che mostrano l'evoluzione del Fiume Tevere nel corso degli ultimi 18000 anni. Per la spiegazione vedi il testo. La linea tratteggiata indica la posizione della attuale linea di costa. I colori all'interno delle figure identificano i diversi ambienti deposizionali che si sono andati sviluppando nel corso di questa evoluzione. Modificata da Milli et al. (2013).

lenticolare, ha uno spessore massimo di 20-21 m e si estende lateralmente per circa 3 km.

Durante il lasso di tempo compreso tra 11500 e 8000 anni fa, in connessione con la decelerazione del tasso di risalita relativa del livello marino, la barriera litorale migrò ulteriormente verso terra, il delta T1 venne abbandonato e un nuovo corpo deltizio lagunare (T2) si andò formando nel settore sudorientale della attuale piana deltizia (Fig. 5 e 6d). Il delta T2 fu attivo fino a circa 8500 anni fa; mostra sempre una geometria lenticolare, ed ha uno spessore massimo di 17-18 m, con una estensione laterale di circa 5,6 km. Nella parte terminale della fase trasgressiva (8000 – 6000 anni fa), in connessione con la diminuzione della velocità di risalita del livello marino, una nuova fase di avulsione interessò il Tevere che migrò verso nord andando a formare il corpo deltizio lagunare T3 (Fig. 6e).

Quest'ultimo apparato deltizio è più piccolo rispetto al T1 e al T2, avendo uno spessore massimo variabile tra 5 e 10 m ed una estensione laterale di appena 1,4 km. A differenza dei primi due il delta T3 progredì rapidamente all'interno della laguna, raggiungendo la barriera litorale e, sfociando a mare, iniziò la costruzione dell'attuale delta a dominio ondoso che si andò sviluppando durante la successiva fase di alto stazionamento. All'interno della laguna questo ultimo periodo della fase trasgressiva è marcato dallo sviluppo di uno spesso strato di torba al tetto del quale è stata posta la superficie di massima ingressione marina (*mfs*) (Fig. 6e).

2.3. Fase di alto stazionamento

La fase di alto stazionamento iniziò a svilupparsi a partire da 6000 anni fa, avendo il livello del mare raggiunto un tasso di risalita relativa di circa 1mm/anno. Il riempimento finale della laguna formatasi durante la fase trasgressiva e lo sviluppo del delta cuspidato a dominio ondoso sono gli aspetti rilevanti che caratterizzano questo lasso di tempo (Fig. 6). In particolare il delta T3 progredì rapidamente in connessione dell'incremento dell'apporto sedimentario e della riduzione di spazio verticale; la laguna venne così trasformata in due stagni costieri (Stagno di Maccarese a nord e Stagno di Ostia a sud) con intermittenti

connessioni con il mare aperto, i quali rimasero attivi fino al 1884, anno in cui vennero bonificati.

Gli studi più recenti condotti da diversi autori (Giraudi, 2004, 2011; Bellotti et al., 2007, 2011; Giraudi et al., 2009; Goiran et al., 2009; Di Rita et al., 2010, 2012; Di Bella et al., 2011) hanno evidenziato un'evoluzione piuttosto complessa del fiume Tevere negli ultimi 6000 anni, evoluzione che sembra sia stata fortemente condizionata sia dai cambiamenti climatici, sia dall'attività antropica.

All'inizio della prima fase (6000-2700 anni fa; Fig. 6f) il Tevere iniziò a costruire il suo delta cuspidato progredendo ad un tasso di circa 1 m all'anno; con la progredizione vennero a formarsi numerosi cordoni costieri che si allungavano verso nord e verso sud a partire da Capo due Rami. Nella seconda fase (2700-1900 anni fa; Fig. 6g), la foce migrò bruscamente verso sud di circa 3 km rispetto alla posizione precedente, probabilmente a causa di un forte evento di piena. In questa nuova posizione il Tevere progredì verso mare ad un tasso di circa 5-6 m all'anno. Dopo questa fase, la crescita del delta s'interruppe a seguito di una diminuzione sia del volume, sia del numero delle piene fluviali, un processo che sembra sia stato condizionato dall'attività umana che produsse, durante il periodo imperiale, una profonda trasformazione del paesaggio. I processi erosivi connessi all'attività del moto ondoso determinarono così sia l'erosione dei cordoni costieri sia dell'apice del delta. All'inizio della terza fase (da 1900 anni fa fino all'attuale; Fig., 6h), la progredizione del Tevere dette luogo ad un complesso delta cuspidato alimentato da due canali distributari, più o meno contemporaneamente attivi: Fiumare Grande e il più piccolo Canale di Fiumicino. Questo lasso di tempo corrisponde all'ultima fase di progredizione del delta Tevere, un processo che è stato molto intenso negli ultimi 500 anni durante i quali si sono alternate fasi di progredizione, stabilizzazioni ed arretramenti della foce sotto il controllo dei cambiamenti climatici. È degno di nota il fatto che durante questo periodo c'è una forte correlazione tra gli eventi di piena del corso d'acqua e le fasi di progredizione del delta, mentre l'erosione dei cordoni costieri sembra sia avvenuta durante le fasi di ridotto apporto sedimentario. Tuttavia un ruolo molto importante sull'apporto sedimentario è stato esercitato anche dalle attività umane, sia nel bacino di drenaggio, sia nell'area deltizia. L'attività antropica è, infatti, incrementata notevolmente a partire dalla metà del 1800; le fasi di

rimboschimento, bonifica, la costruzione di numerose abitazioni e lo sfruttamento dei terreni a ridosso della piana deltizia, hanno così ridotto di molto l'apporto di sedimenti alla costa, con il risultato che interi settori sono andati in erosione.

Da un punto di vista stratigrafico i depositi della fase di alto stazionamento sono rappresentati da sequenze di facies che mostrano un generale aumento di granulometria dal basso verso l'alto, la cui genesi è connessa con la migrazione, verso mare, sia del fronte deltizio sia del prodelta. Un esame più dettagliato evidenzia come la stratigrafia delle carote prelevate sulla piana deltizia mostra una ciclica variazione delle dimensioni granulometriche dei depositi e un'alternanza di ambienti di spiaggia e lagunari. Questi caratteri sono interpretati come l'espressione di una variabilità dei corpi sabbiosi e delle loro modalità di accrezione. In sostanza questi elementi suggeriscono che i corpi sabbiosi erano originariamente degli spit litoranei alle spalle dei quali erano presenti delle lagune aperte verso mare. La migrazione laterale degli spit avrebbe via via isolato nel corso del tempo queste lagune, che si sarebbero trasformate in sistemi chiusi con poco scambio delle acque; solo successivamente, questi sistemi sarebbero diventati dei veri e propri stagni costieri con acque da salmastri a dolci fino al loro completo interrimento ad opera dei depositi alluvionali trasportati da parte del Tevere (vedi anche i modelli di Bhattacharia e Giosan, 2003; Giosan et al., 2005; van Maren, 2005; Giosan, 2007; Dan et al., 2011).

3. MORFOLOGIA E PROCESSI DEPOSIZIONALI ATTUALI DEL DELTA DEL TEVERE

Il delta del Tevere, così come oggi appare, si estende lungo la costa tirrenica laziale per circa 35 km, occupando la parte mediana dell'unità fisiografica compresa tra Capo Linaro e Capo d'Anzio; esso si spinge nell'entroterra per 10-15 km dalla costa, e circa altrettanto sui fondali della piattaforma continentale ove raggiunge l'isobata di 110 m. Il delta del Tevere è classificato come un delta a geometria arcuata a dominio ondoso e con regime microtidale (0,4-0,6 m), che viene alimentato da un bacino idrografico, a sua volta suddiviso in quattro sottobacini (Bersani et al., 1999; Fig. 7), comprendente una larga area dell'Appennino centrale.

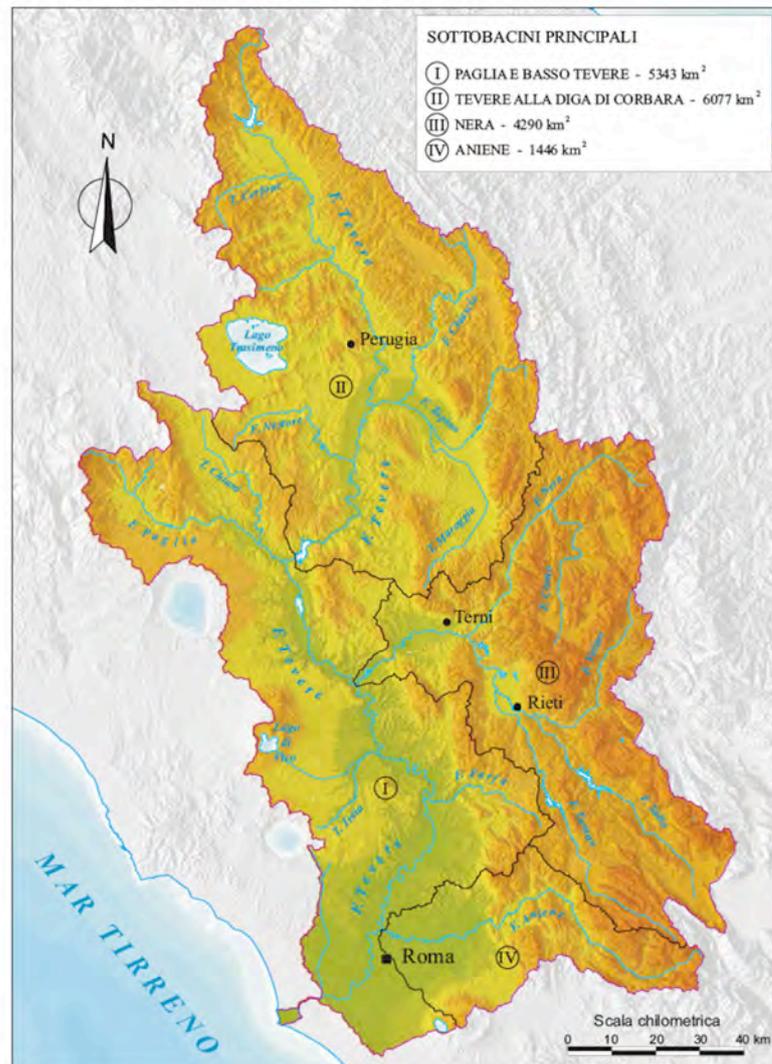


Fig. 7. Bacino idrografico del F. Tevere con la suddivisione in quattro sottobacini (da Bersani et al., 1999).

dove affiorano, prevalentemente, rocce sedimentarie silicoclastiche e carbonatiche e vulcaniche.

Da un punto di vista idrografico il Tevere ha una portata media di 230 m³/sec, potendo raggiungere valori massimi anche di 3000 m³/sec. La sua portata solida ha subito delle drastiche variazioni passando da 12x10⁹ kg/anno a circa 1x10⁹ kg/anno, successivamente alla costruzioni di una serie di dighe presenti a nord di Roma.

L'area deltizia tiberina risente della generale circolazione che interessa il Tirreno orientale, caratterizzata da una persistente corrente costiera (velocità tra 0,10 e 0,25 m/sec; Lechi e Todisco, 1980) che si muove verso nordovest; questa corrente deflette il pennacchio torbido che fuoriesce dalla foce del fiume (Giulianelli e Todisco, 1978; Istituto di Ricerca sulle Acqua, 1980) e contribuisce al maggior sviluppo della porzione settentrionale dell'apparato deltizio, sia per quanto riguarda la parte emersa, sia per quanto riguarda la parte sommersa (Belfiore et al., 1987; Bellotti et al., 1987, 1994; Chiocci e La Monica, 1993). Alla foce inoltre l'intrusione di acqua salata genera un cuneo salino che si estende, sopracorrente, per numerosi chilometri a partire dalla foce (Mikhailova et al., 1999).

Per quanto riguarda il moto ondoso, le principali direzioni di provenienza sono quelle da Sud, Ovest e Sudovest, con onde che, nella maggior parte dei casi, superano 1 m fino ad arrivare anche a 4 m quando sono associate a venti provenienti da Sud. Le onde di tempesta hanno frequenze annuali del 2% e sarebbero in grado, secondo Bortoluzzi et al. (1982), di smuovere sedimenti fino ad una profondità di circa 30 m.

Sotto l'aspetto morfologico, deposizionale e, in relazione ai tipi di processi, l'apparato deltizio tiberino si compone di quattro elementi deposizionali che costituiscono altrettante zone morfodinamiche (Bellotti et al., 1994; Tortora, 1995; Bellotti e Tortora, 1996): la piana deltizia superiore, la piana deltizia inferiore, il fronte deltizio e la scarpata di prodelta (Fig. 8).

La *piana deltizia superiore* è un'area estremamente piatta che si estende dal bordo interno del delta ai più antichi ed interni cordoni dunari e di spiaggia. Essa è costituita per lo più sedimenti fangosi, che devono la loro origine alle piene del Tevere; inoltre sono presenti anche degli antichi stagli costieri che sono stati

bonificati nel 1884. I processi sedimentari attuali sono confinati interamente all'interno dei due canali che alimentano il delta tiberino.

La *piana deltizia inferiore* si caratterizza per la presenza di estesi cordoni di spiaggia e dunari, separati da piccoli stagni interdunali. Quest'area è stata molto alterata dalle attività agricole e dall'urbanizzazione che, sono particolarmente estese soprattutto nel settore meridionale.

Il *fronte deltizio* include l'attuale linea di costa e una scarpata subacquea poco pendente ($0,3^\circ$) che raggiunge la profondità di 20-25 m, coincidente con il livello di base ordinario delle onde. L'attuale linea di costa è il settore del fronte deltizio, dove si registrano le più alte condizioni energetiche connesse con l'attività del moto ondoso, che è responsabile della quasi completa elisione della barra di foce.

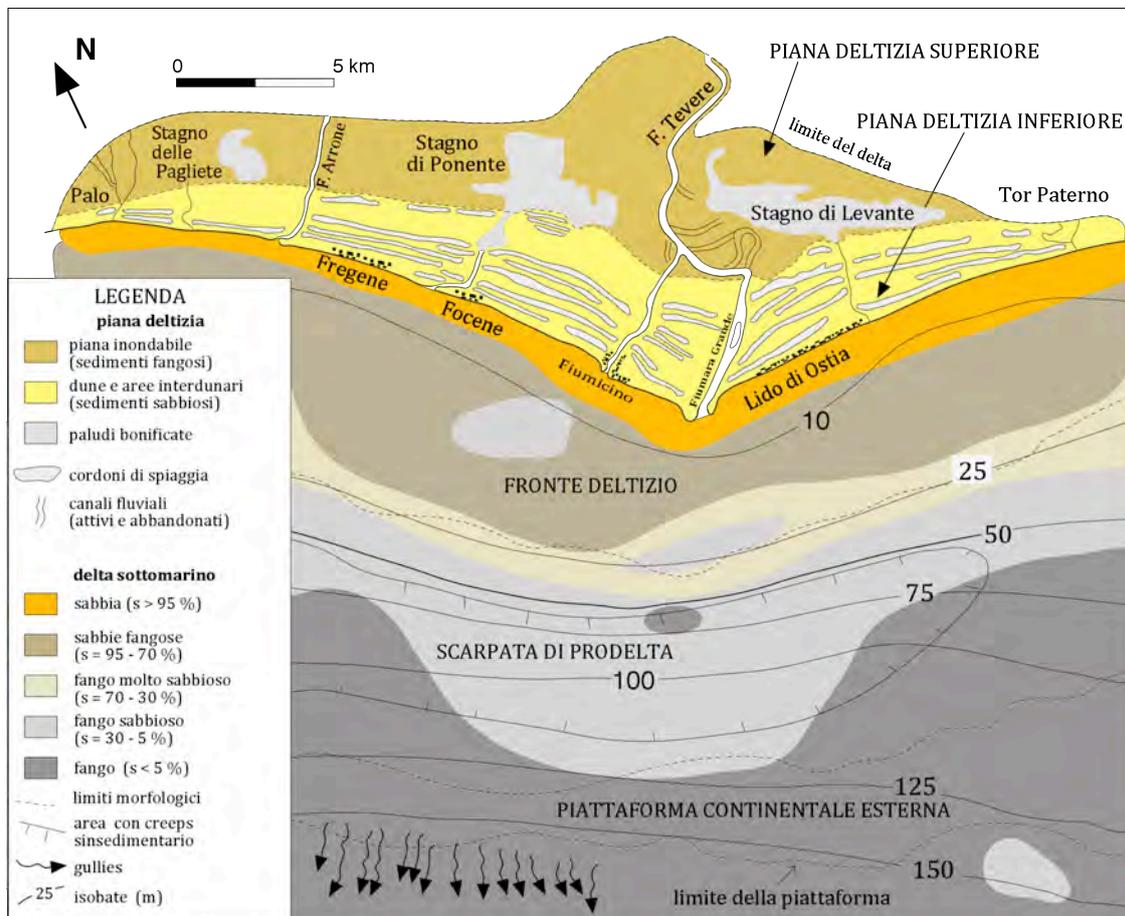


Fig. 8. Caratteri morfologici e sedimentologici del delta del Tevere (modificata da Bellotti et al., 1994).

Questo settore marino si caratterizza, infatti, per la presenza di una circolazione con celle litorali associate con correnti di risucchio (*rip currents*), particolarmente

attive durante gli eventi di tempesta (Noli et al., 1991), e da processi di deriva litorale (*drift*) che sposta le sabbie dalla foce verso le parti più esterne del delta (Caputo et al., 1987). Questo forte idrodinamismo fa sì che le spiagge vicine alla foce deltizia siano sottoposte a erosione tanto che sono state soggette, nel corso degli ultimi anni, a diversi interventi di ripascimento artificiale, oltre ad essere state protette da una serie di opere di difesa. Queste spiagge sono costituite da sabbie quarzose medie e grossolane e hanno alte concentrazioni di minerali pesanti. Le spiagge più lontane dalla foce risultano, invece, più stabili o lievemente progradanti, sono costituite da sabbie da fine a medie e hanno più basse percentuali di minerali pesanti (Belfiore et al., 1987).

La *scarpata di prodelta*, rappresenta il settore, dove i tassi di sedimentazione raggiungono i valori massimi a causa della significativa affluenza degli apporti fluviali. La porzione superiore, fino a - 75 m di profondità (prodelta superiore), mostra un profilo leggermente convesso con una pendenza di circa 1° che passa verso il basso al prodelta inferiore, un settore con inclinazione minore (circa 0,8°), che si raccorda con l'antistante fondale della piattaforma continentale esterna (pendenza circa 0,5°). La topografia del prodelta superiore mostra una geometria a gradini, con differenze di livello di 3-5 m, la cui genesi è attribuita a creep sinsedimentario (Chiocci et al., 1991), un processo strettamente connesso con gli elevati tassi di sedimentazione di questo settore. I sedimenti del prodelta sono costituiti quasi interamente da silt e argilla.

Per quanto riguarda la piattaforma continentale esterna, non vi sono depositi deltizi in senso stretto, sebbene i sedimenti che arrivano in questo settore, principalmente fangosi, provengano sia dal Tevere, attraverso l'azione di flussi iper- e ipopicnali, sia dagli eventi di tempesta che riescono a trasportare, sul fondo e in sospensione, i sedimenti della zona costiera. Vicino al bordo della piattaforma continentale sono presenti le testate di canali sottomarini (*gullies*) che si sviluppano sulla scarpata continentale superiore fino ad una profondità di circa 400 m.

4. DINAMICA DEI SEDIMENTI E LORO DISTRIBUZIONE SUL FONDALE SOTTOMARINO

I dati a nostra disposizione, basati su una serie di studi pregressi (vedi Bellotti et al., 1993; Bellotti e Tortora 1996; Tortora, 1999 con riferimenti bibliografici), indicano che la distribuzione dei sedimenti sul fondale del fronte deltizio e del prodelta mostrano una notevole variabilità areale in relazione ai processi fluviali e all'azione del moto ondoso. In particolare tale distribuzione evidenzia una zonazione in cinque aree parallele alla costa che coincidono, più o meno, con i settori morfodinamici dell'apparato sottomarino del delta (Tortora, 1995) (nella breve descrizione che segue le terminologie adottate si riferiscono a quelle introdotte da Tortora, 1999 e a quelle di Nota, 1958; queste ultime tra parentesi) (Fig. 9 e 10). Questi settori, da terra verso mare, sono rappresentati: 1) dalla spiaggia emersa e da quella sommersa superiore fino a circa 5 m di profondità, dove prevalgono sedimenti costituiti da sabbie medie e grossolane; 2) dalla spiaggia sommersa inferiore che arriva fino a 10 m di profondità e dove sono presenti sabbie fini e molto fini limose (sabbie pelitiche); entrambi i settori 1 e 2 si collocano sul fronte deltizio superiore; 3) dal fronte deltizio inferiore che arriva fino a 20-25 m di profondità dove sono presenti, prevalentemente, limi molto sabbiosi (peliti molto sabbiose); 4) dal margine del fronte deltizio e dalla scarpata di prodelta superiore dove sono presenti, in prevalenza, limo (silt) sabbioso e fango sabbioso (pelite sabbiosa) e, subordinatamente, sedimenti a granulometria più fine come limi (silt) e fango (pelite) o più grossolani come limo molto sabbioso (pelite molto sabbiosa); 5) dalla scarpata di prodelta inferiore, dove predominano i fanghi (pelite), i quali sono presenti anche sulla piattaforma continentale esterna fino al limite della scarpata continentale dove si passa a sedimenti esclusivamente argillosi.

Questa zonazione dei sedimenti evidenzia una netta gradazione degli stessi che diventano via via più fini spostandosi da terra verso mare. Questo carattere si riscontra ed è tipico delle aree marine a sedimentazione alloctona dove manca una componente indigena intrabacinale e la quasi totalità del sedimento presente è di origine extrabacinale, vale a dire introdotta essenzialmente dai corsi d'acqua. Ciononostante sono presenti una serie di anomalie a questa generale tendenza che

vanno spiegate tenendo conto anche di fattori locali come le variazioni stagionali di portata dei corsi d'acqua, gli eventi di piena e la loro durata, gli eventi di tempesta e la contemporaneità tra questi eventi che producono profonde modificazioni alla distribuzione dei sedimenti sul fondale.

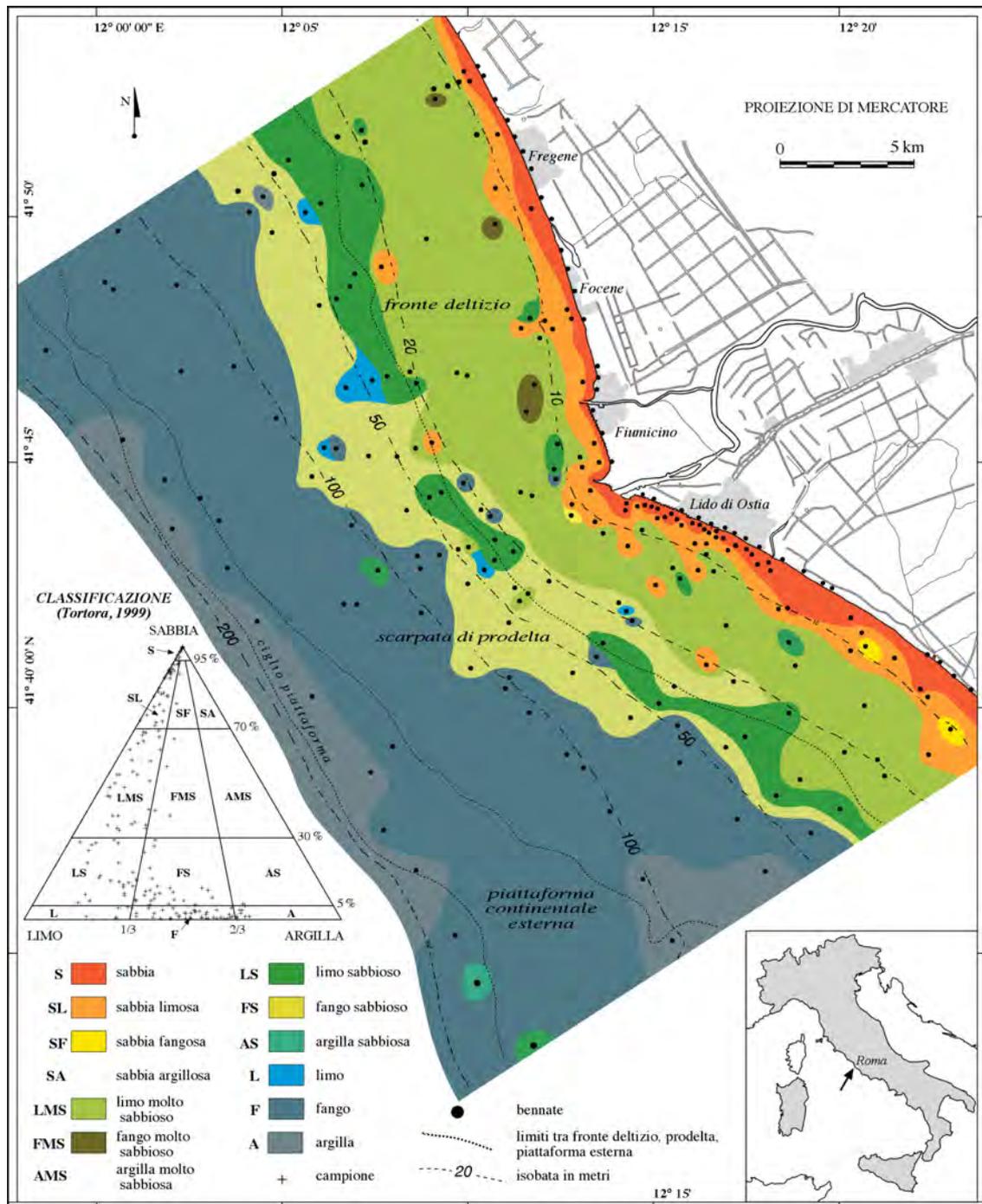


Fig. 9. Distribuzione del sedimento sul fondale marino antistante il delta del Tevere secondo la classificazione ternaria di Tortora (1999). Modificata da Tortora (1999).

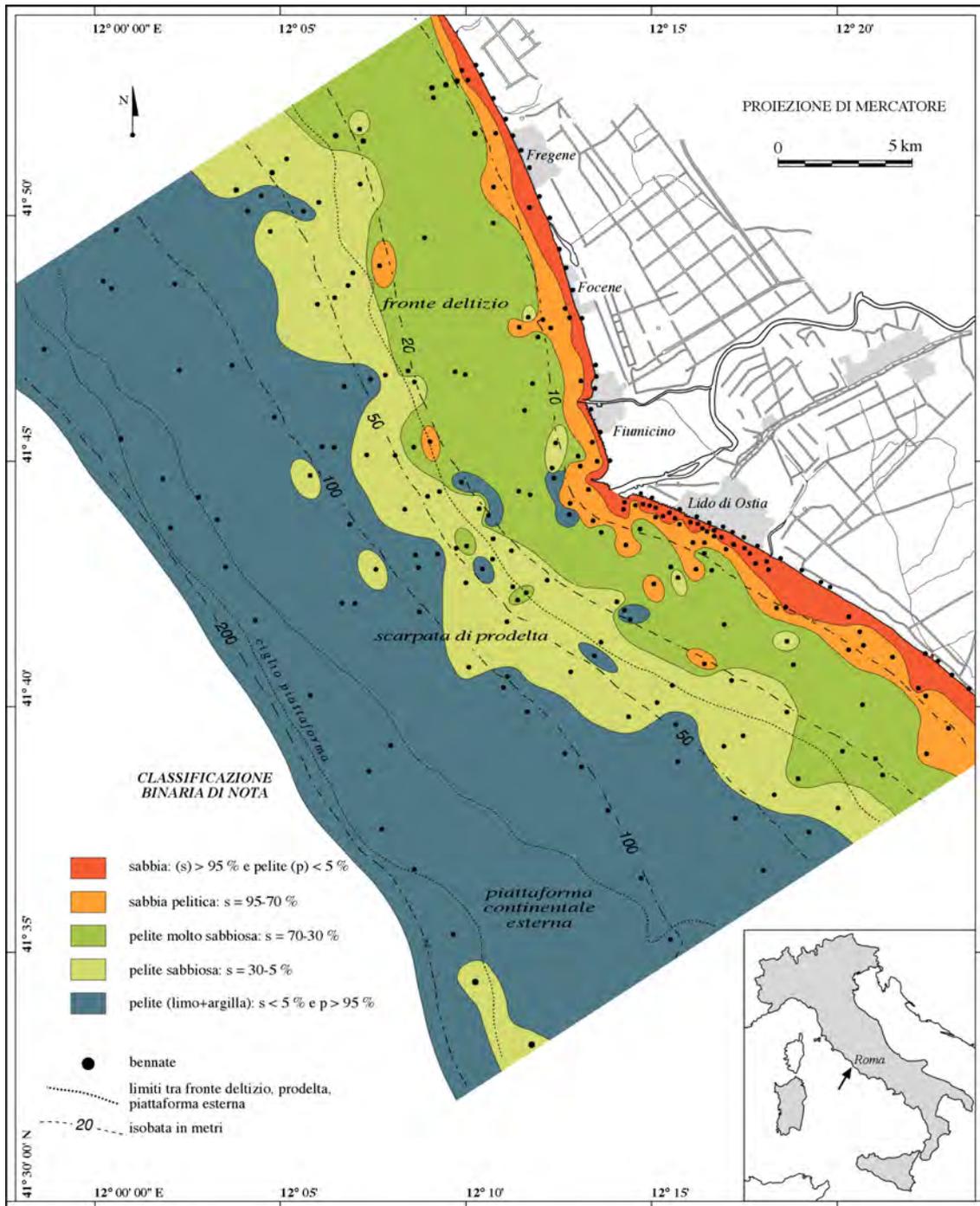


Fig. 10. Distribuzione del sedimento sul fondale marino antistante il delta del Tevere secondo la classificazione binaria di Nota (1958). Modificata da Tortora (1999).

Su questa base nell'area deltizia del Tevere sono stati descritti due principali modelli di dispersione dei sedimenti (Tortora, 1995; Bellotti e Tortora 1996) (Fig. 11).

Il primo sistema vede la concomitante azione del fiume in fase di piena e del moto ondoso in fase di tempesta. In queste condizioni le onde confinano sottocosta

il carico dei sedimenti trasportato dal Tevere; il pennacchio torbido (sedimenti in sospensione) può essere anche distrutto e una forte deposizione del sedimento avviene sul fronte deltizio. Solo in seguito parte di questi sedimenti possono essere rimossi dalle stesse onde che li ripuliscono delle frazioni più fini, trasportando lungo la fascia litorale e, in parte sul prodelta superiore, rispettivamente, le frazioni sabbiose e limoso sabbiose. Una variante di questo sistema prevede la sola azione diretta o del moto ondoso in fase di tempesta o del fiume in fase di piena. Nel primo caso il sedimento viene distribuito sia lungo costa, sia verso mare per effetto delle correnti di risucchio che si generano a causa della sopraelevazione del livello marino durante queste fasi. Il sedimento più grossolano può così fluire verso mare andando a formare singoli strati gradati all'interno dei depositi di prodelta o della piattaforma. Nel secondo caso, se la concentrazione dei sedimenti trasportati durante la piena è relativamente elevata, si possono generare dei flussi iperpicnali che fluiscono sul fondo, trasportando il loro carico nelle parti più distali del fronte e del prodelta e dando luogo sempre a strati gradati con possibile preservazione, al loro interno, di strutture trattive.

Il secondo sistema di dispersione è connesso con il pennacchio torbido del Tevere, il quale è in grado di portare al largo, oltre la zona di influenza delle onde, i sedimenti a granulometria più fine. La genesi di questi flussi, chiamati ipopicnali, avviene sempre durante le fasi di piena, e sono particolarmente attivi in un momento in cui l'azione delle onde è ridotta al minimo. In questo modo i sedimenti in sospensione bypassano il fronte deltizio e si depongono, su lassi di tempo più o meno lunghi, nell'area di prodelta.

Da quanto detto emerge quindi come l'area deltizia, nel suo complesso, mostri una dinamica sedimentaria piuttosto variabile. La piana deltizia emersa, considerato l'attuale regime idraulico del Tevere, è prevalentemente un'area di *bypassing* e, solo secondariamente di deposizione di sedimenti, durante le fasi di tracimazione del corso d'acqua connesse a periodi di maggiore piovosità. Più complessa è la dispersione dei sedimenti nel settore sommerso del delta, quello che più interessa ai fini di questo studio. In quest'area si possono riconoscere settori con scarsi accumuli di sabbie (i tratti di litorale) dove si possono instaurare anche locali effetti di progradazione (zona del fronte deltizio superiore) e settori

dove i tassi di sedimentazione possono essere elevati (prodelta superiore), medi (prodelta inferiore), o molto bassi (piattaforma continentale esterna).

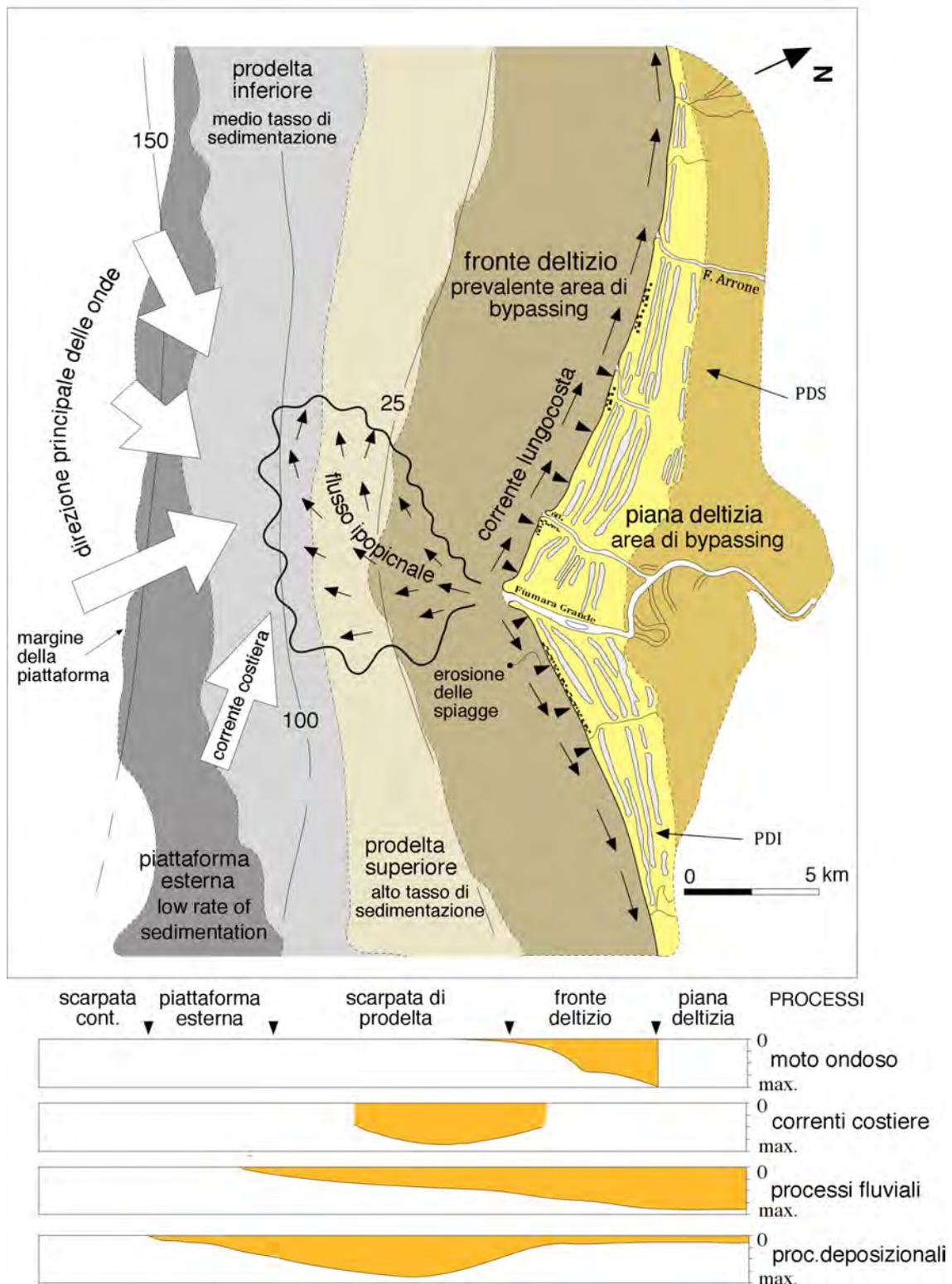


Fig. 11. Principali processi erosivi e deposizionali che sono attivi nell'area deltizia del Tevere. Per la descrizione vedi testo. Modificata da Bellotti et al. (1994).

In generale il fronte deltizio, sebbene sia un luogo che riceve sedimenti fluviali, è da considerarsi, a lungo termine, come un settore di *bypassing* dove i sedimenti vengono fortemente rielaborati; l'area di eccellenza per la deposizione è rappresentata dal prodelta e, in particolar modo, da quello superiore dove l'accumulo dei materiali, secondo le modalità precedentemente descritte, crea anche le condizioni per la genesi di deformazioni sinsedimentarie (*creep*).

SECONDA PARTE

5. STRATIGRAFIE DEI SONDAGGI E CAMPIONATURA

5.1. Metodologia

Per la definizione delle caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche dei terreni che ricadono all'interno dell'area investigata da questo studio e per definire con maggiore dettaglio la traccia del paleo-fondale romano al tempo di attività degli antichi porti di Claudio e di Traiano, sono state eseguite 12 perforazioni in mare a conservazione di nucleo, opportunamente posizionati lungo due transetti orientati terra-mare, di cui uno ubicato lungo il proseguimento della sezione fatta nel 2006 (Sezione sud; sondaggi 65, 62, 60, 58, 56) e uno ubicato circa 1250 m più a nord (Sezione nord; sondaggi 21, 19, 17, 13, 15, 24, 27).

Le stratigrafie di questi sondaggi sono state esaminate attraverso osservazioni macroscopiche al fine di riconoscere i caratteri tessiturali dei sedimenti presenti, la loro organizzazione verticale, le strutture sedimentarie e quanto altro di significativo che potesse consentire l'interpretazione paleo-ambientale di questi depositi. L'esame macroscopico è stato condotto sui nuclei dei carotaggi dopo che questi sono stati tagliati a metà al fine di rendere più visibile la struttura interna delle carote. Da questi nuclei sono stati poi prelevati dei campioni per le analisi granulometriche ad intervalli di 2,5 m, e campioni per le datazioni al radiocarbonio, non ad intervalli prestabiliti ma in funzione della maggiore concentrazione di materia organica presente. Ne sono derivate le schede allegate al presente report che ricostruiscono la stratigrafia dei 12 sondaggi tenendo anche conto dei risultati analitici delle analisi granulometriche. I tipi di sedimento sono descritti inizialmente facendo uso di una lente e di un comparatore dove erano riportate le diverse frazioni granulometriche; successivamente queste osservazioni sono state integrate con le analisi granulometriche dei campioni che sono stati prelevati. Come si può osservare dalle schede allegate la descrizione fatta, molto dettagliata, utilizza delle terminologie che possono sembrare non in accordo con quelle delle classificazioni adottate. Questo deriva dal fatto che l'osservazione visiva consente di dare delle stime sulla tessitura del sedimento e sui rapporti quantitativi tra le diverse tipologie di granuli; solo le successive analisi granulometriche permettono di meglio definire questi rapporti e grazie ad esse catalogare il deposito utilizzando le classificazioni in uso nella letteratura. Nelle schede dei sondaggi (vedi figure

allegate alla fine del capitolo), per ragioni di completezza, sono state riportate tre classificazioni, normalmente adottate per la descrizione dei caratteri tessiturali dei sedimenti sciolti, sebbene nel nostro caso il riferimento più specifico è quello basato sulla classificazione binaria del Nota, (1958) e su quella ternaria di Tortora (1999), che amplia la prima, dettagliando ulteriormente i caratteri tessiturali dei sedimenti.

I depositi dei sondaggi comprendono componenti sabbiose, limose (siltose) ed argillose, spesso frammiste tra loro; le ghiaie, sono praticamente assenti, e solo raramente sono stati rinvenuti granuli di 3-4 mm di diametro e piccoli ciottoli attribuibili a litotipi sedimentari o vulcanici. Tutti i carotaggi mostrano una costante presenza di sedimenti a granulometria molto fine, riconducibili a *peliti molto sabbiose*, *peliti sabbiose* e a *peliti*, generalmente presenti nella porzione stratigrafica inferiore dei sondaggi; di questi quelli più spostati verso terra o che risentono maggiormente degli effetti dei processi connessi con la deriva litorale verso nord mostrano, nelle loro porzioni sommitali, la presenza di *sabbie pelitiche* e molto subordinatamente di *sabbie*.

Complessivamente, sono stati raccolti dai sondaggi 85 campioni destinati alle analisi granulometriche e altri 66 da cui ne sono stati estratti 15 per le datazioni al radiocarbonio. La loro ubicazione verticale è stata scelta considerando: (1) la finalità generale del lavoro; (2) quanto emerso dall'esame stratigrafico; (3) l'opportunità di campionare, almeno in alcuni casi, gli stessi livelli da sottoporre ai tre tipi di analisi; (4) la necessità di distribuire i prelievi secondo quote prefissate e in modo omogeneo.

L'estrazione dei 15 campioni da destinare alle analisi di datazione è stata fatta sulla base di correlazioni preliminari tra i sondaggi delle due sezioni. La sezione sud risulta avvantaggiata, poiché essa è posta in continuità e in parziale sovrapposizione con quella fatta nel 2006, sulla quale è stata tracciata la posizione del paleo-fondale di età romana grazie non solo alle datazioni che erano state condotte, ma soprattutto sulla base della ricostruzione di questo paleo-fondale eseguita con il metodo dello Shoreface Translational Model (STM; Cowell et al., 1992; Cowell et al., 1995) che si avvale di principi di tipo geometrico (Tortora e Cowell, 2005a; 2005b; Tortora et al., 2009a, b), nello specifico applicati per riprodurre virtualmente lungo il profilo dei sondaggi la fase di avanzamento

proto-storica e storica del delta del F. Tevere. I dati d'ingresso al programma STM sono stati scelti tenendo conto delle posizioni delle antiche linee di riva (estratte da Bellotti et al., 1994) e imitando i parametri morfologici e paleo-ambientati adottati da Cowell e Tortora (2001). In figura 12 è riportata la restituzione dell'avanzamento del delta secondo 7 passi temporali successivi (time-step), ciascuno corrispondente al rinnovo della superficie morfo-topografica. Quella che identifica il fondale di età romana (in rosso a tratto marcato) si approfondisce costantemente verso mare ed intercetta i sondaggi alle quote di (dal l.m. attuale): -16.2 m (FG11 e FG5), -15.5 m (FG4), -14.2 m (FG3), -13 m (FG2), -12.2 m (FGA1), -11 m (FGA2), -10.3 m (FGA3), -9 m (FGA4), -8 m (FGA5). Al di sopra, la copertura sedimentaria presenta spessori (valori in giallo) che variano da un massimo di 13.1 m, sulla linea di costa (FGA1), ad un minimo di 6 m sul settore marino più esterno (FG11 e FG5).

Tutti i 151 campioni sono nominati con delle sigle così come riportato nelle schede allegate. Quelli utilizzati per le granulometrie sono identificati con la lettera G seguita dal numero del sondaggio e da una lettera che, partendo dalla A identifica i vari campioni presi alle diverse quote (es. Campione G 21E (10,00 m)). Quelli utilizzati per le datazioni seguono lo stesso principio; essi sono identificati con la sigla D 14C, seguita dal numero del sondaggio e da un altro numero che, partendo da 1 identifica i vari campioni presi alle diverse quote (es. Campione D 14C 21 1 (3,67 m)).

5.2. Descrizione e interpretazione

5.2.1. Sezione Nord

Sondaggio 21

Questo sondaggio, profondo 18 m è costituito da sabbie e sabbie pelitiche nei primi 5 m che passano a sabbie pelitiche fino a 10 m e a peliti molto sabbiose tra 10 e 13 m. La porzione finale fino a 18 m è costituita da peliti sabbiose. I caratteri generali del sondaggio mostrano che, di là della porzione iniziale (primi 5 m), costituita prevalentemente da sabbie medie e grossolane con ridotta presenza di

**SIMULAZIONE STM: AVANZAMENTO DELTIZIO
CON PREDIZIONE DELLA PALEO-BATIMETRIA DI ETÀ ROMANA**

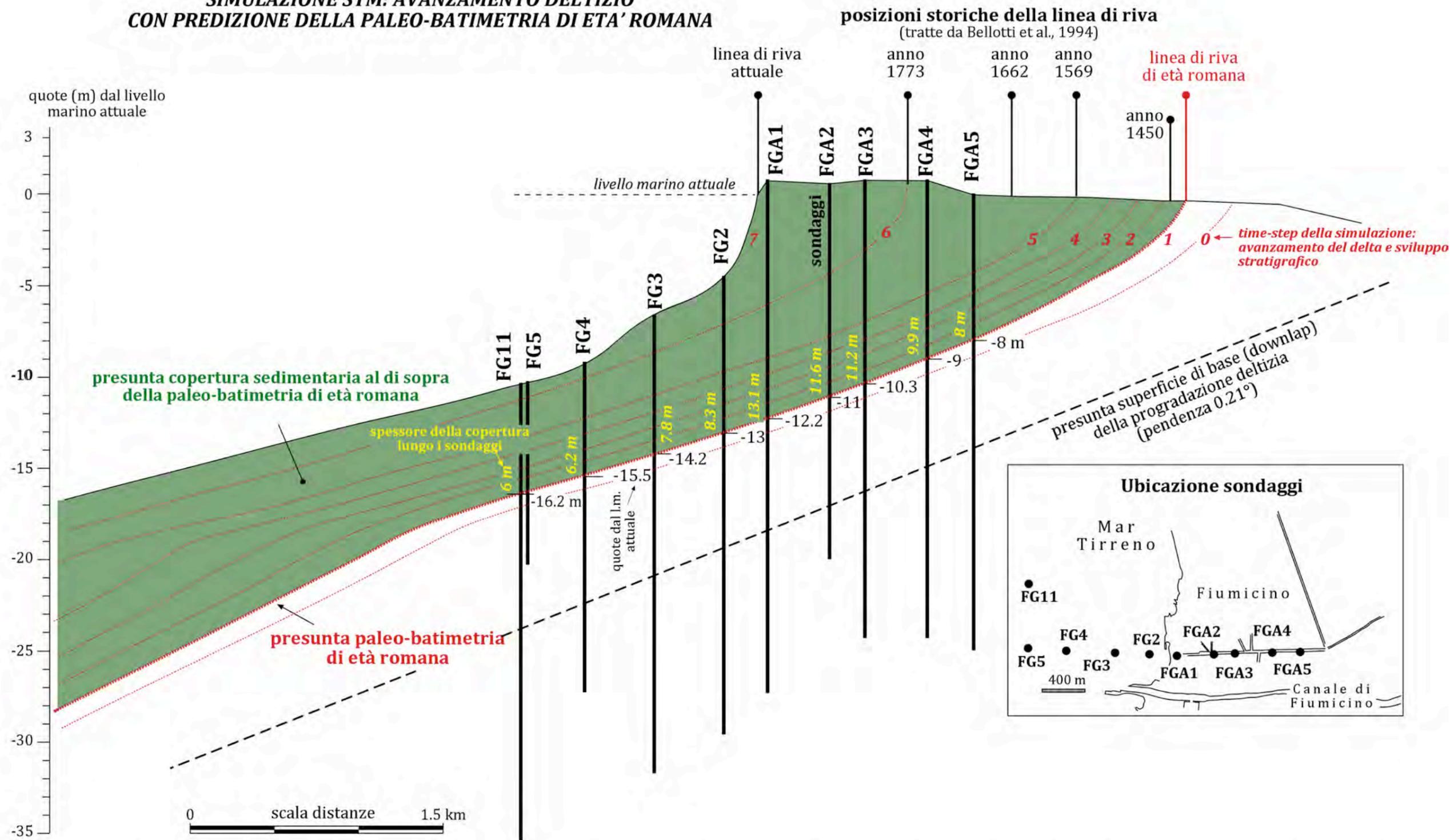


Fig. 12. Simulazione con lo *Shoreface Translational Model* (STM; eseguita nel 2006) dell'avanzamento deltizio lungo il profilo dei sondaggi (Sezione sud), con evidenza della possibile paleo-batimetria di età romana (tratteggio in rosso), delle sue quote (in nero) al suo contatto con i sondaggi, della copertura sedimentaria sovrastante (in verde chiaro) e dei suoi spessori (in giallo). La simulazione non gode di controllo stratigrafico ed è basata solo sulle posizioni storiche della linea di riva (Bellotti et al. 1994) nonché su parametri morfologici che imitano quelli adottati da Cowell e Tortora (2001). La simulazione procede secondo 7 time-step successivi (di differente intervallo temporale) che segnano l'avanzamento del delta e lo sviluppo stratigrafico. Le sette superfici deposizionali che ne derivano (tratteggio in rosso) sono linee-tempo (andamenti morfo-topografici di tempo definito) che idealmente attraversano il deposito del delta. La simulazione, venne eseguita al fine di indirizzare la campionatura per le analisi di datazione sui livelli dei sondaggi quanto più prossimi alla presunta paleo-batimetria romana.

interstrati pelitici (essenzialmente silt), la porzione inferiore, fino a 18 m, si caratterizza per una fitta alternanza di livelli sabbiosi e pelitici di spessore da centimetrico a millimetrico, i cui rapporto percentuali si invertono man mano che si scende in profondità. Più in particolare le sabbie, generalmente fini e finissime, sono più abbondanti tra 5 e 10 m, mentre si riducono di frequenza e di granulometria (solo finissime) tra 10 e 13 m, per scomparire, quasi del tutto tra 13 e 18 m, dove invece abbiamo una prevalenza di sedimenti pelitici (silt + argilla). Di solito il passaggio tra sabbie e peliti è netto, a dimostrazione del fatto che la messa in posto delle sabbie è da mettere in relazione con singoli eventi di più alta energia (es. piene o tempeste), in grado di trasportare questi sedimenti a maggiore profondità. In tutto il sondaggio sono presenti, con percentuali differenti, sia detriti bioclastici, soprattutto nella porzione più sommitale, sia la presenza di diffusa materia organica che si concentra, particolarmente, nella porzione più pelitica.

Sondaggio 19

Questo sondaggio, profondo 15 m, si colloca più verso mare rispetto al precedente e mostra una stratigrafia coerente con la posizione che occupa. Rispetto al 21 manca della frazione strettamente sabbiosa nella porzione sommitale, mentre sono presenti sabbie pelitiche tra 0 e 11 m, quindi peliti e peliti sabbiose tra 11 e 15 m. Nelle sabbie pelitiche le frazioni granulometriche sabbiose sono essenzialmente medio-fini fino a circa 7 m e passano a fini-finissime nella restante porzione. Solo raramente si possono rinvenire anche singoli strati di qualche centimetro di sabbie grossolane, miste a detrito bioclastico, per la cui messa in posto valgono le considerazioni fatte in precedenza. Anche in questo sondaggio è fitta l'alternanza tra strati di sabbie e peliti di spessore da centimetrico a millimetrico, la presenza di diffuso detrito bioclastico e di materia organica vegetale, soprattutto nelle porzioni più pelitiche, oltre a locali tracce di bioturbazione connesse con l'attività degli organismo fossatori.

Sondaggio 17

Questo sondaggio, profondo 12,5 m, mostra molti dei caratteri riconosciuti nel sondaggio 19. Manca della porzione sommitale strettamente sabbiosa e risulta costituito da una alternanza di sabbie pelitiche e peliti molto sabbiose, sebbene le

prime sono rappresentate con spessori maggiori. Solo nella porzione inferiore, tra 12 e 12,50 m sono presenti delle peliti. In generale le sabbie sono prevalentemente medie e medio-fini tra 0 e 4,45 m e diventano fini e finissime tra 5 e 9 m; nelle peliti molto sabbiose esse sono di solito finissime. Esse formano strati di spessore da centimetrico a millimetrico e si alternano con gli strati pelitici di spessore equivalente. In tutto il sondaggio è presente diffuso detrito bioclastico, spesso associato con i livelli di sabbie, e diffusa presenza di materia organica, più concentrata nelle porzioni più pelitiche.

Sondaggio 13

Questo sondaggio, profondo 15 m, mostra un trend evolutivo, dall'alto verso il basso, più chiaro rispetto al sondaggio precedente. Anche in questo caso, si riscontra l'assenza della porzione più strettamente sabbiosa nella parte sommitale che è costituita da sabbie pelitiche tra 0 e 8 m, le quali passano verso il basso a peliti molto sabbiose tra 8 e 11 m, quindi a peliti tra 11 e 14 m, e a peliti sabbiose tra 14 e 15 m. Similmente a quanto riconosciuto negli altri sondaggi la maggior del deposito si caratterizza per una fitta alternanza di strati di sabbie e peliti di spessore da centimetrico a millimetrico. Le sabbie mostrano granulometrie fini e finissime tra 0 e 8 m e solo finissime tra 8 e 11 m. Sono virtualmente assenti nella restante porzione del sondaggio. Nei sedimenti sommitali (primi centimetri del sondaggio) sono stati rinvenuti singoli litoclasti di spessore millimetrico e di composizione vulcanica, che risultano assenti nei sottostanti depositi. E' invece presente un diffuso detrito bioclastico, spesso concentrato nei livelli sabbiosi, i quali mostrano, localmente, tracce di bioturbazione e piccoli fenomeni di slumping (scivolamenti del sedimento). La materia organica è presente ma, in basse percentuali, sono nella porzione pelitica.

Sondaggio 15

Il sondaggio 15, profondo 14 m, come per i precedenti sondaggi manca della porzione più strettamente sabbiosa nella porzione sommitale che inizia, invece, con una sabbia pelitica tra 0 e 1 m e passa, verso il basso, a peliti molto sabbiose tra 1 e 4 m, nuovamente a sabbia pelitica tra 4 e 8 m, quindi a peliti tra 8 e 14 m. Le sabbie hanno una granulometria media e medio-fine nel primo metro di sondaggio

e passano a fini e finissime nella restante porzione (fino a 8 m) dove risultano, inoltre, localmente bioturbate, sono praticamente assenti in tutta la porzione pelitica. Anche questo sondaggio è organizzato a formare fitte alternanze di strati sabbiosi e pelitici di spessori centimetrici soprattutto nelle porzioni pelitiche molto sabbiose; questa alternanza si riduce, invece, notevolmente nelle porzioni sabbioso-pelitiche. Il detrito bioclastico è piuttosto diffuso, sia nelle sabbie pelitiche, sia nelle peliti molto sabbiose, mentre si riduce a sottili livelli centimetrici e millimetrici nella porzione pelitica dove è anche più elevata la presenza di materia organica nerastra.

Sondaggio 24

Questo sondaggio, profondo 13 m, è costituito da sabbie e sabbie pelitiche nei primi 2 m che passano a peliti molto sabbiose e sabbie pelitiche fino a 8 m. La restante parte del sondaggio è costituita invece da peliti sabbiose. Nel primo metro di spessore sono presenti anche livelli, 3-4 mm spessi, di sabbie grossolane associate con piccoli granuli di 2-3 mm e con diffuso detrito bioclastico. Nella porzione sabbioso-pelitica si riscontra, come negli altri sondaggi, una alternanza di strati sabbiosi con granulometria fine e finissima e strati pelitici di spessore centimetrico che mostrano internamente del diffuso detrito bioclastico oltre alla presenza di sottili livelli di materia organica. Quest'ultima aumenta decisamente nella porzione pelitico sabbiosa del sondaggio dove si riscontrano, anche se in percentuali più basse, sia il detrito bioclastico, sia dei sottilissimi livelli (scala millimetrica) di sabbie finissime.

Sondaggio 27

Il sondaggio 27, profondo 11,5 m è costituito da sabbia pelitica tra 0 e 4,40 m, da pelite molto sabbiosa tra 4,40 e 10 m (presenza di un intervallo di 30 cm di sabbia pelitica tra 5,50 e 5,80 m) e da peliti sabbiose tra 10 e 11,5 m. Le sabbie hanno granulometrie fini e finissime nelle porzioni sabbioso pelitiche, dove si alternano con livelli siltoso-argillosi di spessore millimetrico e con livelli bioclastici. Localmente si rinvencono anche livelli di sabbia grossolana con inclusi dei rari ciottoli di 3-4 cm. Nella porzione pelitica molto sabbiosa l'alternanza tra livelli di sabbia e di peliti è molto più fitta; ad essa si accompagna, sia la presenza di detrito

bioclastico in lamine millimetrici, sia la presenza di livelli di materia organica, i quali risultano più abbondanti nella sottostante porzione pelitico sabbiosa. In generale si riscontra, e questo vale anche per gli altri sondaggi, che i passaggi tra livelli sabbiosi e pelitici risultano netti e ben evidenti nelle porzioni sabbioso pelitiche, mentre questi passaggi sono più sfumati (transizionali) nelle porzioni pelitiche molto sabbiose e sabbiose.

5.2.2. Sezione Sud

Sondaggio 65

Il sondaggio 65 è profondo 20 m e, come gli altri precedentemente descritti, mostra una diminuzione della granulometria dei sedimenti dall'alto verso il basso. I primi 7 m sono costituiti da sabbie pelitiche con le sabbie aventi una granulometria essenzialmente medio-fine. Da 7 fino a 9,5 m sono presenti delle peliti molto sabbiose che passano a peliti sabbiose fino a 18 m; i restanti 2 sono costituiti, nuovamente da peliti molto sabbiose. Nella porzione sommitale del sondaggio (primo metro) le sabbie presenti mostrano un'elevata concentrazione di frammenti bioclastici, oltre alla presenza di minerali pesanti; sono assenti le intercalazioni pelitiche. Queste ultime sono invece presenti in tutta l'altra porzione del sondaggio e aumentano di spessore e quantità man mano che ci si sposta dalle sabbie pelitiche alle peliti molto sabbiose e sabbiose. La materia organica segue lo stesso trend concentrandosi, in particolar modo, nelle porzioni più pelitiche del sondaggio, mentre diminuiscono di pari passo, sia in quantità sia in dimensioni i frammenti bioclastici che invece riaumentano, nuovamente, nella porzione finale del sondaggio dove sono presenti delle peliti molto sabbiose.

Sondaggio 62

Il sondaggio 62 è profondo 17 m; mostra i primi 5 m costituiti da sabbia pelitica e la restante porzione, fino a 17 m, costituita da peliti fino a 10,5 m, quindi da peliti sabbiose per la parte rimanente. Un elemento caratteristico di questo sondaggio è la presenza di materiale vulcanoclastico grossolano nei primi 3 m, che sembra essere assente nella restante porzione della carota. Un livello più concentrato di sedimenti vulcanoclastici, dello spessore di 20 cm è presente tra 2,50 e 2,70 m. Le

sabbie hanno una granulometria medio-grossolana nella parte sommitale del sondaggio e passano a fini-finissime man mano che si scende in profondità. Le alternanze tra livelli di sabbia e peliti iniziano già nella parte alta della carota e si infittiscono andando verso il basso, dove la percentuale di sabbia diminuisce a scapito della pelite. Il detrito bioclastico, associato soprattutto con i livelli di sabbia, è più frequente nella parte alta del sondaggio, mentre diminuisce la sua presenza nella porzione inferiore; contestualmente la materia organica mostra un trend differente e risulta maggiormente preservata nelle porzioni più pelitiche. Localmente sono state rinvenute tracce di bioturbazione.

Sondaggio 60

Il sondaggio 60 è profondo 17 m e mostra caratteri simili a quelli descritti in precedenza. La sabbia pelitica è presente fino a 4,80 m e passa a una pelite molto sabbiosa fino a circa 6 m. Le peliti sabbiose si rinvengono tra 6 e 11 m e sono sostituite da pelite fino a 14 m. La restante porzione del sondaggio è costituita da peliti sabbiose tra 14 e 16 m e da peliti molto sabbiose nell'ultimo metro. Con la sola esclusione dei primi 80 cm dove sono presenti sabbie fini con diffuso detrito bioclastico e assenza di livelli pelitici, tutta la restante parte del sondaggio si caratterizza per la pervasiva presenza di alternanze di livelli sabbiosi, con granulometria fine e finissima, e livelli di pelite di spessore da centimetrico a millimetrico. Il detrito bioclastico è prevalentemente presente nelle porzioni sabbioso-pelitiche e pelitiche molto sabbiose, mentre diminuisce drasticamente nelle porzioni pelitiche e pelitico-sabbiose. La materia organica è localmente presente nelle porzioni più sabbiose ma in percentuali molto basse; aumenta invece la sua presenza nelle porzioni più pelitiche che mostrano una colorazione, come in tutti i sondaggi, da grigio scuro a molto scuro in funzione della percentuale di materia organica preservata. Il rinvenimento del genere *Turritella* nei sedimenti pelitici, a una profondità di 15 m, conferma la presenza in quel punto di un fondale fangoso ed una habitat congeniale per questo genere di gasteropode.

Sondaggio 58

Il sondaggio 58 è profondo 16 m e si differenzia rispetto ai precedenti per essere costituito prevalentemente da pelite. Questa è molto sabbiosa nei primi 2,5

m, mentre si alternano porzioni solo esclusivamente pelitiche e pelitico-sabbiose nella restante parte del sondaggio. La sabbia, di granulometria fine, si trova solo nei primi 60 cm; nel resto del sondaggio è virtualmente assente e quello che si riscontra è una fitta alternanza di livelli millimetrici di silt e argilla che vanno a costituire i depositi pelitici in senso lato. Il detrito bioclastico, molto raro, si trova solo nei livelli siltosi più grossolani; anche la materia organica è presente in percentuali molto basse. Similmente a quanto è stato riscontrato nel sondaggio 60 è stato rinvenuto un livello a Turritelle a circa 14 m di profondità all'interno delle peliti. Anche in questo caso tale ritrovamento conferma, in quel punto, la presenza di un fondale fangoso e una habitat ottimale per questo gasteropode.

Sondaggio 56

Questo sondaggio, profondo 15 m mostra le stesse caratteristiche del sondaggio 58. E' fondamentalmente costituito da sedimenti pelitici che variano dalle peliti molto sabbiose a quelle sabbiose fino alle peliti in senso stretto. Si riscontra sempre la fitta alternanza di livelli millimetrici di silt e argilla; il detrito bioclastico, è molto raro, e anche in questo caso, quando presente, si trova concentrato nei livelli siltosi più grossolani. La materia organica è presente in percentuali molto basse e concentrata solo in livelli di ridotto spessore.

5.2.3. Considerazioni generali

L'esame delle stratigrafie di tutti i sondaggi evidenziano una chiara tendenza alla diminuzione di granulometria dall'alto verso il basso, coerentemente con il fatto che i depositi attraversati appartengono all'ultima fase di sviluppo del Delta del Tevere; una fase caratterizzata da una generale progradazione da terra verso mare che vede la sovrapposizione, sulla verticale, di ambienti contigui che si sviluppano a profondità differenti. Più in particolare i depositi attraversati sono da attribuire al fronte deltizio tiberino e, più specificatamente, a quello superiore per quanto riguarda le porzioni sabbiose e sabbioso-pelitiche dei sondaggi, mentre sono da attribuire alla parte sommitale del fronte deltizio inferiore le porzioni dei sondaggi caratterizzate da sedimenti pelitici, siano essi molto sabbiosi e sabbiosi, o solo esclusivamente pelitici. Le alternanze tra questi diversi caratteri tessiturali trovano spiegazione nella dinamica sedimentaria di un sistema deltizio, come

quello del Tevere, dominato dai processi legati all'azione del moto ondoso che interagiscono con i processi fluviali legati al corso d'acqua. Il moto ondoso, infatti, ridistribuisce i sedimenti apportati dal fiume soprattutto lungo la zona costiera, tuttavia è in grado di portare questi sedimenti anche a maggiore profondità attraverso l'azione delle correnti di risucchio che sono particolarmente attive durante gli eventi di tempesta. D'altra parte, tenuto conto che il Tevere è un corso d'acqua di relativamente piccole dimensioni, anche il volume di sedimenti che può immettere in mare non è elevato, ma soprattutto è strettamente connesso con una modalità di trasporto legato al plume che si forma alla foce per effetto delle differenze di densità tra le acque dolci del corso d'acqua con i sedimenti in sospensione e le acque marine. Nelle zone poco profonde della piattaforma interna, dove il fronte deltizio si sviluppa, il pennacchio torbido generato dal corso d'acqua può propagarsi rimanendo a contatto con il fondo, mentre se ne distacca in acque più profonde; in queste ultime condizioni i sedimenti possono precipitare sul fondo quando raggiungono anche concentrazioni tali da non essere sostenuti dalla colonna d'acqua.

Nel caso del Tevere, come già detto, il trasporto solido è essenzialmente costituito dal trasporto torbido (quello in sospensione) che è concentrato nei giorni in cui avvengono le piene, mentre risulta del tutto trascurabile il trasporto sul fondo (vedi per maggiori dettagli Sapro s.p.a., 1991; Bersani e Amici, 1993; Bersani e Bencivenga 2001). Ne consegue che la fitta alternanza di straterelli sabbiosi e livelli pelitici riscontrati nelle carote esaminate, possono trovare spiegazione in questa modalità di sedimentazione che vede, da una parte il trasporto sul fondo dei materiali sabbiosi ad opera delle correnti marine e dall'altra la deposizione dei livelli di pelite (silt e argilla) legata, invece, al pennacchio torbido del Tevere, la cui dimensione ed estensione è connessa sia con gli eventi meteorologici a terra che producono piene di durata e di volume variabile, sia alla interazione tra questi e le condizioni meteomarine. Su questa base sarebbero da escludere, quindi, processi deposizionali e trasporto dei sedimenti legati a flussi iperpicnali, vale a dire a flussi che si generano quando la densità dell'acqua dei fiumi, è maggiore della densità del corpo d'acqua in cui essi fluiscono (in questo caso il mare) a causa dell'elevata concentrazione di sedimenti, una concentrazione che deve essere generalmente superiore ai 36 kg/m^3 . Questa

condizione è difficilmente riscontrabile per il Tevere poiché, come abbiamo già accennato, le dimensioni del bacino idrografico e la quantità di sedimenti che potevano essere trasportati dal fiume, anche in epoca storica, non erano tali da giustificare concentrazioni di materiali tali da innescare flussi di questo tipo. A questo si aggiunga che anche la registrazione sedimentaria riscontrata nelle carote esaminate non giustifica tale tipo di processo, che invece lascia una firma abbastanza chiara nei depositi i quali mostrano, quando preservate, spessori certamente non centimetrici e soprattutto tendenze interne agli strati sabbiosi che mostrano, dal basso verso l'alto, un aumento di granulometria seguito da una successiva diminuzione della stessa.

Tutte le informazioni finora a disposizione indicano quindi che sin dai tempi storici, il deflusso torbido del Tevere è avvenuto, prevalentemente, durante le fasi di piena, e che esso sia andato sistematicamente diminuendo nel tempo, sia per le mutate condizioni del bacino, sia per i cambi di destinazione del suolo, sia per la costruzione dei diversi serbatoi e sbarramenti a monte. Questi fattori hanno costituito, infatti, delle trappole per i sedimenti, favorendone la loro deposizione a monte e riducendo così il quantitativo di materiale che poteva essere trasportato a mare, con tutte le conseguenze che ne sono derivate in termini di erosione del litorale.

STRATIGRAFIE SONDAGGI

Sezione Nord

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare	Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 629 303 E 2 289 259	Sondaggio: 21
Quota piano fondale: -2,5 m	Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.	
Prof. sond.: 18,0 m	Note: sondaggio profondo 20,5 m da livello del mare. L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche	
Data Inizio / Fine esecuzione: 08/01 - 08/01/2014		
Meteo: sereno	Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino	Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio 
0			G 21A		ZS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia media grossolana. Colore 5Y 4/4 moderate olive brown. Campione G 21A (0,00 m) tra 0,25 - 0,60 m sabbia media e grossolana in livelli alternati	
0,60		0,60							Sabbia media. Presenza di granuli sparsi e diffuso detrito bioclastico milli e submillimetrico; rarissime tracce di bioturbazione	
1		0,40							Sabbia media grossolana con granuli sparsi e piccoli ciottolotti Tra 1,44 - 1,48 m livello ricco di sostanza organica	
1,48		0,48							Sabbia media con presenza di sabbia grossolana con granuli sparsi e granuli	
1,80		0,32							Alternanza di sabbia fine in livelli di 1 cm e livelli di pelite di 2 - 3 mm; detrito bioclastico sparso	
2		0,20							Sabbia media grossolana Campione G 21B (2,50 m)	
2,80		0,80	G 21B		S	S	Sabbia		Alternanza di 2 episodi di silt argilloso sabbioso con materia organica e resti vegetali, con passaggio a silt sabbioso	
3		0,20							Sabbia media che passa transizionalmente verso il basso a sabbia grossolana tra 3,21 - 3,36 e a sabbia media tra 3,36 - 3,48m; tra 3,43 - 3,46 m maggiore concentrazione di materia organica	
3,48		0,48							Sabbia grossolana e molto grossolana con presenza di granuli e piccoli ciottoli, anche di selce con Ø fino a 4 - 5 mm alla base tra 4,95 - 5,00 m sabbia media con concentrazione di materia organica vegetale Tra 3,67 - 3,70 presenza di frammento osseo. Diffuso detrito bioclastico Sequenza fine - grossolana Campione D 14C 21 1 (3,67 - 3,70 m) frammento osseo	
4			D 21 1						Campione G 21C (5,00 m)	
5		1,52	G 21C		ZS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia fine con all'interno livelli di pelite; la pelite risulta dispersa lungo tutto lo spessore (probabilmente originariamente i livelli di pelite erano interni allo strato) Presenza di granuli e detriti bioclastici	
6		1,00							Alternanza di livelli di sabbia fine finissima di spessore 2 - 2,5 cm e livelli di pelite di 3 - 4 mm; tra 6,43 - 6,47 m livello a maggiore concentrazione di materia organica da 6,47 m la stratificazione è meno visibile Campione D 14C 21 2 (6,43 - 6,47 m)	
7		1,00							Alternanza di livelli di sabbia fine finissima di spessore 0,5 - 1 cm e livelli di pelite di 1 - 2 mm; diffuso detrito bioclastico submillimetrico materia organica concentrata tra 7,62 - 7,63 m 7,95 - 7,97 m Fino a 7,60 m colore 5Y 4/4 moderate olive brown tra 7,60 - 8,70 colore N5 medium gray Campione G 21D (7,50 m)	
8			G 21D		ZS	SI	Sabbia Pelitica		Alternanza di livelli di sabbia fine finissima di spessore 3 - 4 cm e livelli di pelite di 1 - 2 mm; rarissimo detrito bioclastico; presenza di cristalli di muscovite	
8,70		1,70							Sabbia fine finissima siltosa con biodepositi sparsi e livelli a maggiore concentrazione di materia organica	
9		0,30							Campione G 21E (10,00 m)	
9,00			G 21E		ZS	SI	Sabbia Pelitica			
10		1,01								
10,01			G 21E							

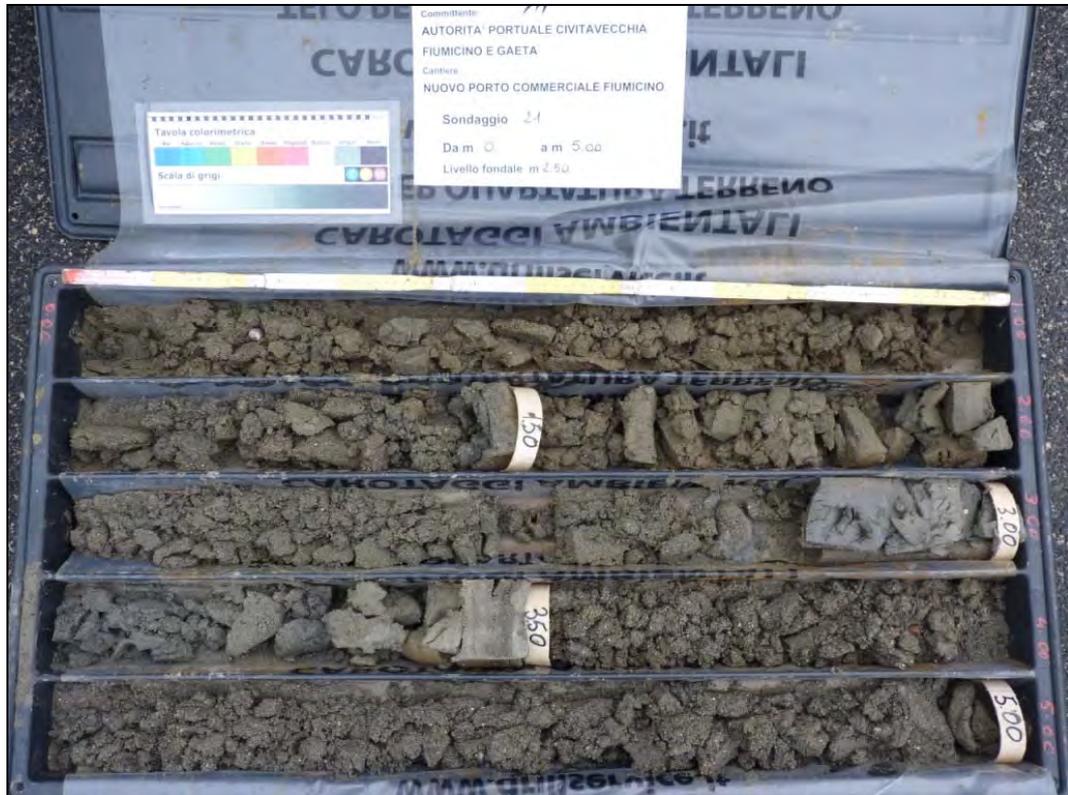
Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 18,0 m

Sondaggio: **21**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia
10			D 21 3	7 22 40 50 58 81 100					Argilla siltosa con passaggio netto alla base Campione D 14C 21 3 (10,03 m) alla base tra 10,44 - 10,46 m sabbia finissima con base e tetto netto. Base erosiva
10,46		0,45							Argilla siltosa
10,54		0,09							Alternanza di livelli di sabbia fine siltosa di spessore 1 cm con livelli di pelite di 1 - 2 mm; diffusi cristalli di muscovite; raro biodeposito
11		0,46							Alternanza di livelli di sabbia fine siltosa di spessore 1,5 - 2 cm con livelli di pelite di 2 mm; verso il basso, da 11,50 m lo spessore dei livelli di sabbia passa a 2 cm; presenza di materia organica concentrata tra 11 - 11,20 m e tra 11,37 - 11,38 m Colore 5Y 4/4 moderate olive brown
12		1,00							Sabbia finissima di colore 10Y 4/2 grayish olive; tra 12,16 - 12,19 m detrito bioclastico concentrato
12,19		0,19							Silt argilloso con intercalazione di sabbia finissima tra 12,21 - 12,215 m; tra 12,24 - 12,26 m materia organica concentrata; tra 12,33 - 12,36 Sabbia finissima siltosa con base e tetto netti
12,36		0,17							Silt argilloso; tra 12,36 - 12,37 m e tra 12,47 - 12,50 m sabbia finissima siltosa; tra 12,63 - 12,65 m maggiore concentrazione di detrito bioclastico e materia organica vegetale Campione G 21F (12,50 m) Campione D 14C 21 4 (12,63 m)
12,71		0,35	G 21F						Silt argilloso tra 12,71 - 12,75 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 12,75 - 12,85 m
12,85		0,14	D 21 4						Silt argilloso alla base livello di sabbia finissima con passaggio transizionale; materia organica diffusa
13		0,17							Alternanza di livelli di silt argilloso con passaggio transizionale a sabbia finissima con base netta;
14		0,30							Silt argilloso con intercalazioni di livelli di sabbia finissima siltosa; tra 14,90 - 15,00 sabbia finissima
14,67		0,33	D 21 5						Campione D 14C 21 5 (14,92 m)
15		0,33	G 21 G						Campione G 21 G (15,00 m)
15,33		0,33							Argilla siltosa con passaggio netto alla base e al tetto
16		1,015							Alternanza di livelli di 2 - 7 cm di silt argilloso con passaggio transizionale a sabbia finissima con base netta;
16,345		0,345							Argilla siltosa - silt argilloso tra 16,345 - 16,36; sabbia finissima siltosa tra 16,36 - 16,69 m, con intercalazioni di livelli argillosi tra 16,49 - 16,50 m, 16,57 - 16,58 m, 16,62 - 16,63 m
16,69		0,40	D 21 6						Alternanza di livelli di 2 - 7 cm di silt argilloso con passaggio transizionale a sabbia finissima con base netta; Campione D 14C 21 6 (16,87 m)
17		0,22							Sabbia finissima siltosa con interazioni di argilla siltosa tra 16,14 - 16,15 m, 16,17 - 16,18 m, 16,20 - 16,21 m, 16,24 - 16,25 m; a 17,23 m presenza di detrito bioclastico
17,09		0,17	G 21 H						Alternanza di livelli 1 - 2 cm di silt argilloso e sabbia finissima siltosa
17,31		0,17							Sabbia finissima siltosa con interazioni di argilla siltosa; il passaggio di livelli è netto; tra 16,76 - 16,80 m il passaggio a sabbia finissima è transizionale Campione G 21 H (17,50 m)
17,48		1,31							Alternanza di livelli di 2 - 7 cm di silt argilloso con passaggio transizionale a sabbia finissima con base netta;
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 21



Sondaggio 21 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 21 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 21



Sondaggio 21 da 10,0 a 15,0 m



Sondaggio 21 da 15,0 a 18,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare

Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 629 331 E 2 289 078

Sondaggio: **19**

Quota piano fondale: -5,0 m

Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.

Prof. sond.: 15,0 m

Note: sondaggio profondo 20,0 m da livello del mare.

Data Inizio / Fine esecuzione:
19/12 - 19/12/2013

L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche

Meteo: sereno

Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino

Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal Piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio
0	0,18	0,18	G 19A						Sabbia fine con abbondante biodetrito conchigliare colore 5Y 3/2 olive gray. Campione G 19A (0,0 m)	
	0,27	0,09						Sabbia finissima siltosa argillosa di colore 5Y 6/1 light olive gray; verso il basso sabbia fine e fine media in alternanza con livelli pelitici; spessore livelli sabbiosi 1,5 - 2 cm, livelli pelitici 1,5 - 2 cm		
	0,44	0,17						Detrito vegetale organico di colore 5Y 4/4 moderate olive brown; materia organica filamentosa che tiene assieme sabbia finissima e argilla		
	0,52	0,08						Argilla colore 5Y 6/1 light olive gray con passaggio netto alla base a		
	0,64	0,12						Sabbia media fine con abbondante biodetrito colore 5Y 3/2 olive gray		
1	1,00	0,36	D 19 1					Detrito vegetale organico di colore 5Y 4/4 moderate olive brown, misto a sabbia e pelite. Campione D 14C 19 1 (0,90 m)		
	1,20	0,20						Sabbia molto grossolana con abbondante biodetrito		
	1,43	0,23						Sabbia grossolana e media. da 1,00 a 1,40 m detrito selezionato all'interno del singolo strato; tra 1,23 - 1,25 m livello con granuli vulcanici di Ø 2 - 3 mm		
	1,80	0,37						Sabbia media con abbondante detrito milli e submillimetrico		
2								Sabbia media e fine; verso il basso aumenta la frazione di sedimento più fine. Diffuso biodetrito Campione G 19B (2,50 m)		
3	3,00	1,20	G 19B					Sabbia fine con diffuso biodetrito; visibili cristalli di biotite e localmente tracce di bioturbazione; tra 3,78 - 3,85 livello contenente sabbia grossolana e granuli vulcanoclastici e ciottoli calcarei i di Ø 4 - 5 mm		
4	4,00	1,00						Alternanza di livelli di sabbia fine di spessore 1,5 - 2 cm e livelli di pelite (silt) di 2 - 3 mm Lo spessore degli strati di sabbia aumenta verso il basso da 1,5 a 4 - 5 cm		
	4,45	0,45						Sabbia media tra 4,45 - 4,63 m che passa transizionalmente a sabbia fine tra 4,63 - 5,10 m. Diffuso biodetrito. Campione G 19C (5,0 m)		
5	5,10	0,65	G 19C					Sabbia media tra 5,10 - 5,25 m che passa transizionalmente a sabbia fine tra 5,25 - 5,45 m. Diffuso biodetrito.		
	5,45	0,35						Alternanza di livelli di sabbia fine finissima e pelite; lo spessore degli strati di sabbia aumenta verso il basso: tra 5,45 - 5,60 spessore 1 - 1,5 cm, tra 5,60 - 5,75 spessore 2,5 cm, tra 5,75 - 6 m spessore 3 cm; anche i livelli di pelite aumentano di spessore da 2 - 3 mm a 3 - 4 mm in basso.		
6	6,00	0,55						Sabbia fine con detrito bioclastico sub millimetrico e materia organica diffusa Materia organica concentrata tra 6,55 - 6,60 e tra 6,85 - 7,00 m. Campione D 14C 19 2 (6,95 m)		
7	7,00	1,00	D 19 2					Sabbia finissima siltosa con materia organica diffusa: livelli a maggiore concentrazione di materia organica vegetale filamentosa tra 7,00 - 7,10m, 7,18 - 7,24 m, 7,52 - 7,65 m, 7,82 - 8,00 m. Diffuso detrito millimetrico e submillimetrico Campione G 19D (7,50 m) Campione D 14C 19 3 (7,95 m)		
	8,00	1,00	D 19 3					Sabbia fine con diffusa materia organica e filamenti vegetali		
	8,30	0,30						Alternanza di livelli di sabbia finissima di spessore 1 - 1,5 cm e pelite di 1 - 1,5 mm; colore 5Y 4/4 moderate olive brown. Tra 8,76 - 8,80 m livello più scuro ricco di materia organica		
9	8,90	0,60						Sabbia finissima di colore 5GY 4/1 dark greenish gray. Passaggio netto di colore		
	9,00	0,10						Sabbia finissima con diffuso biodetrito. Localmente presenti tracce di bioturbazione Tra 9,98 - 10,00 livello a maggiore concentrazione di biodetrito Campione G 19E (10,00 m)		
10			G 19E							

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 15,0 m

Sondaggio: **19**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessuturali	Descrizione della Stratigrafia
10,06		0,05			ZS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia grossolana con abbondante biodetrito colore 5Y 5/2 light olive gray. La sabbia è in contatto con il livello sottostante con una superficie di discontinuità netta, ondulata.
10,50		0,45							Sabbia finissima siltosa con diffusa materia organica e filamenti vegetali.
10,70		0,20							Sabbia fine siltosa; aumenta leggermente la granulometria del sedimento
11,02		0,32							Silt argilloso argilla siltosa lievemente laminata con presenza di materia organica e raro detrito bioclastico
11,147		0,165							Sabbia siltosa
11,26		0,09							Argilla siltosa tra 11,12 - 11,14 m che passa transizionalmente a silt argilloso tra 11,14 - 11,17 m. Detr. bioclastico pres.
11,34		0,08							Argilla siltosa tra 11,17 - 11,21 m che passa transizionalmente a silt argilloso tra 11,21 - 11,26 m.
11,43		0,09							Argilla siltosa tra 11,26 - 11,31 m che passa transizionalmente a silt argilloso tra 11,31 - 11,34 m.
11,57		0,14							Argilla siltosa tra 11,34 - 11,40 m che passa transizionalmente a silt argilloso tra 11,40 - 11,43 m.
11,82		0,25							Argilla siltosa tra 11,43 - 11,50 m che passa transizionalmente a silt argilloso tra 11,50 - 11,57 m. tra 11,55 - 11,57 maggior presenza di materia organica
12,00		0,18							Argilla siltosa tra 11,57 - 11,60 m che passa transizionalmente a sabbia finissima siltosa con abbondante biodetrito tra 11,60 - 11,82 m.
			G 19F		Z	L	Pelite		Argilla siltosa con materia organica
									Alternanza di livelli di argilla siltosa di 3 - 4 mm di spessore e silt sabbioso di 2 - 3 mm di spessore: tra 12 e 13 m si contano 10 episodi di alternanza
									Campione G 19F (12,50 m)
									Campione D 14C 19 4 (13,30 m)
13,38		1,38	D 19 4						tra 13,30 - 13,36 livello di concentrazione di materia organica
13,56		0,18							Sabbia finissima con passaggio netto alla base e al tetto; presente laminazione piano parallela e detrito bioclastico submillimetrico (0,1 - 0,2 mm)
14,00		0,44							Alternanza di livelli di argilla siltosa di 4 - 5 cm di spessore e silt sabbioso di 1 - 2 mm con passaggio transizionale; alla base passaggio netto. Si riconoscono almeno 6 episodi
15,00		0,50	G 19G		Z	Ls	Pelite sabbiosa		Argilla siltosa con livelli locali di silt sabbioso. Argilla presente tra 14,29 - 14,30m , 14,40 - 14,41m , 14,44 - 14,45 m , 14,68 - 14,70 m, 14,80 - 14,81 m; i passaggi di granulometria sono sempre transizionali alla base e al tetto (non si osservano passaggi netti). Diffusa materia organica. Campione G 19G (15,00 m)
16									
17									
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 19



Sondaggio 19 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 19 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 19



Sondaggio 19 da 10,0 a 15,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare	Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 629 353 E 2 288 875	Sondaggio: 17
Quota piano fondale: -5,3 m	Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.	
Prof. sond.: 12,5 m	Note: sondaggio profondo 17,8 m da livello del mare. L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche	
Data Inizio / Fine esecuzione: 17/10 - 18/10/2013		
Meteo: sereno	Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino	Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio 
0										
1,00		1,00	G 17A		ZS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia medio fine limosa di composizione varia con minerali e scorie vulcaniche di Ø 1 cm; presente sabbia grossolana con granuli. Presenza diffusa di detriti di bioclasti Colore 5Y 4/4 moderate olive brown Campione G 17A (0,10 m)	
2,00		1,00							Sabbia fine in livelli di 1 -2 cm in alternanza con livelli di pelite di spessore 1 - 2 mm; la stratificazione è ben visibile tra 1 e 1,50 m Detriti bioclastici diffusi; presenza di piccoli clasti vulcanici Ø 1 - 2 mm Colore 5Y 4/4 moderate olive brown	
2,70		1,70	G 17B		S	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia media con inclusi materiali vulcanoclastici e biodetrito; presenti piccoli ciottoli di Ø 2 - 3 mm Presente una percentuale molto bassa di sedimento più fine siltoso. Colore 5Y 4/4 moderate olive brown. Campione G 17B (2,50 m)	
3,00		0,30							Sabbia fine in livelli di 1 -2 cm in alternanza con livelli di pelite di spessore 1 - 2 mm; Abbondanza di detriti bioclastici e materia organica diffusa	
4,45		1,45							Sabbia fine con diffuso detrito bioclastico sia in frammenti che intero (molluschi). Localmente presenti livelli di sabbia media grossolana	
5,00		0,65	G 17C		ZS	Lms	Pelite molto sabbiosa		Sabbia fine e finissima stratificata in alternanza con livelli di pelite. Da 4,50 a 4,70 m gli spessori della sabbia sono di circa 1 cm mentre tra 4,70 e 5,00 m gli spessori diventano di 2 - 3 cm Colore 5Y 4/4 moderate olive brown Campione G 17C (5,00 m)	
6,00		1,00							Sabbia fine con diffuso detrito bioclastico; intercalazioni di livelli di sabbia media	
7,00		1,00							Sabbia fine e finissima stratificata con livelli pelitici di 1 - 2 mm lo spessore degli strati aumenta verso il basso fino a 2 - 3 cm. Gli strati di sabbia mostrano una gradazione interna anche all'interno dei singoli livelli. Visibile laminazione piano parallela	
7,60		0,60	G 17D		ZS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia fine e finissima con diffuso detrito bioclastico; presente una percentuale significativa di silt Campione G 17D (7,50 m)	
8,00		0,40							Sabbia finissima stratificata in livelli centimetrici di 2 - 3 cm con livelli pelitici di 1 - 4 mm. Gli strati di sabbia mostrano una gradazione interna anche all'interno dei singoli livelli. Visibile laminazione piano parallela. Diffuso detrito bioclastico e materia organica	
8,80		0,80	D 17 1						Sabbia fine con diffuso detrito bioclastico Colore 5Y 4/4 moderate olive brown Campione D 14C 17 1 (8,40 m)	
8,90		0,10							Sabbia fine Colore 5Y 4/2 light olive gray	
9,00		0,10							Argilla siltosa con sabbia in livelli di 3 - 4 mm; aumenta lo spessore dei livelli argillosi	
9,50		0,50							Alternanza di livelli di sabbia finissima in strati di 1 cm con livelli pelitici 1 - 2 mm Detrito bioclastico concentrato in livelli millimetrici	
9,65		0,15							Argilla siltosa plastica	
10			D 17 2 G 17E		SZ	Lms	Pelite molto sabbiosa		Alternanza di livelli di sabbia finissima con livelli pelitici. lo spessore dei livelli pelitici aumenta e la carota risulta più argillosa. Detrito bioclastico e materia organica diffusa	

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 12,5 m

Sondaggio: **17**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessuturali	Descrizione della Stratigrafia
10 10,25 10,35		0,60 0,10		0 20 40 60 80 100	SZ	Lms			<p>Alternanza di livelli di sabbia finissima con livelli pelitici. lo spessore dei livelli pelitici aumenta e la carota risulta più argillosa. Detrito bioclastico e materia organica diffusa</p> <p>Campione D 14C 17 2 (9,80 m) Campione G 17E (10,0 m)</p> <p>Argilla siltosa</p>
11 11,73		1,38							<p>Alternanza di strati argillosi siltosi con livelli di sabbia finissima; tra 10,80 - 10,85 e tra 11,65 e 11,73 strati di sabbia finissima siltosa. Da 11,00 a 11,65 gli strati di sabbia si fanno più rari e con spessore max 1 cm colore 5Y 4/2 light olive gray</p> <p>Diffuso detrito bioclastico e concentrato nei livelli di sabbia</p>
12 12,00		0,27	D 17 3		M	F			<p>Argilla debolmente siltosa; presenti strati di sabbia finissima tra 11,88 - 11,90 e 11,96 - 12. Diffusa materia organica</p>
12,50		0,50	G 17F						<p>Alternanza di livelli di sabbia finissima di spessore 1 - 1,5 cm dei livelli pelitici. La sabbia è concentrata nei primi 25 cm. Da 12,25 a 12,50 la carota risulta più argillosa.</p>
13									<p>Campione D 14C 17 3 (11,95 m) Campione G 17F (12,5 m)</p>
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 17



Sondaggio 17 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 17 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 17



Sondaggio 17 da 10,0 a 12,5 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare	Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 629 423 E 2 288 693	Sondaggio: 13
Quota piano fondale: -5,3 m	Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.	
Prof. sond.: 15,0 m	Note: sondaggio profondo 20,3 m da livello del mare. L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche	
Data Inizio / Fine esecuzione: 16/12 - 16/12/2013		
Meteo: sereno	Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino	Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio 
0										
0,50		0,50	G 13A		zS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia finissima siltosa con diffuso detrito bioclastico; rari granuli di Ø 2 - 3 mm e piccoli ciottoli Ø max 5 mm; presenza diffusa di cristalli di muscovite; rara materia organica. Colore 5Y 5/2 light olive gray Campione G 13A (0,00 m)	
1,00		0,50							Alternanza di livelli di sabbia finissima siltosa di spessore 1 - 2 cm con livelli di pelite di 1 - 2 mm; presenza di detrito bioclastico	
1,20		0,20							Sabbia finissima poco siltosa con diffuso detrito bioclastico; sparsi granuli vulcanoclastici. Presente maggiore contenuto di materia organica.	
2,00		0,80							Sabbia finissima siltosa omogenea con diffuso detrito bioclastico; l'omogeneità della sabbia è probabilmente legata all'alterazione dovuta a bioturbazione	
2,60		0,60	G 13B		zS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia da media a fine siltosa con presenza di granuli di Ø 2 - 3 mm sparsi lungo tutto lo spessore; diffuso detrito bioclastico milli e submillimetrico. Localmente presenza di tracce di bioturbazione. Presenti livelli di pelite di spessore 1 - 2 mm. Il deposito sembra mostrare fenomeni di slumping; il deposito appare deformato. Campione G 13B (2,50 m)	
3,38		0,78							Alternanza di livelli di sabbia finissima di spessore 1 - 2,5 cm con livelli di pelite di 1 - 2 mm; verso il basso i livelli di sabbia si riducono di spessore fino a 0,5 cm; tra 2,93 - 2,97 m sabbia medio fine	
3,56		0,18							Tra 3,00 - 3,38 presenza diffusa di sabbia media grossolana, probabilmente legata a fenomeni di slumping	
4,00									Sabbia media e fine siltosa con contatto transizionale al tetto; non si evidenzia stratificazione. Diffuso detrito bioclastico milli e submillimetrico	
5,00		1,44	G 13C		zS	SI	Sabbia Pelitica		Alternanza di livelli di sabbia finissima siltosa di spessore circa 1cm con livelli di pelite di 1 - 2 mm	
5,00									Tra 4,00 - 5,00 m la stratificazione risulta meno evidente e non è sempre definita; laddove presente appare sempre deformato diffuso detrito bioclastico. Dove si osserva chiaramente la stratificazione, i livelli di sabbia evidenziano laminazione piano parallela	
7,35		2,35	G 13D		zS	SI	Sabbia Pelitica		Campione G 13C (5,00 m)	
8,00									Sabbia finissima siltosa caratterizzata da alternanza di livelli di spessore circa 1 cm e livelli di pelite di 1 - 2 mm; la stratificazione non è ben distinguibile. Diffuso detrito bioclastico di dimensioni milli e sub millimetrico	
9,51									Alternanza di livelli di sabbia finissima siltosa di spessore 1 - 1,5 cm con livelli di pelite di 1 - 2 mm; detrito bioclastico diffuso; presenza di cristalli di muscovite Campione G 13D (7,50 m) colore 5Y 5/2 light olive gray	
10,00		2,65	G 13E		zS	Lms	Pelite molto sabbiosa		a partire da 8,00 m alternanza di livelli di sabbia finissima siltosa di spessore 0,5 - 1 cm con livelli di pelite di 2 - 3 mm; la stratificazione non è nettissima detrito bioclastico diffuso; presenza di cristalli di muscovite di 0,1 - 0,2 mm a partire da 8,00 m colore 5Y 3/2 olive gray	
									tra 9,51 - 9,57 m sabbia fine finissima siltosa di colore poco più scuro	
									Campione G 13E (10,00 m)	

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 15,0 m

Sondaggio: **13**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Descrizione della Stratigrafia			
					Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali
10			D 13 1		ZS	Lms	Pelite molto sabbiosa	Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale; alla base del silt sabbioso passaggio netto. spessore degli eventi 5 - 15 cm Campione D 14C 13 1 (10,84 m)
11			D 13 2		M	F	Pelite	
12			G 13 F					
13			D 13 3					Campione D 14C 13 3 (14,63 m)
14			G 13 G		SZ	LS	Pelite sabbiosa	
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 13



Sondaggio 13 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 13 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 13



Sondaggio 13 da 10,0 a 15,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare	Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 629 338 E 2 288 530	Sondaggio: 15
Quota piano fondale: -6,4 m	Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.	
Prof. sond.: 14,0 m	Note: sondaggio profondo 20,4 m da livello del mare.	
Data Inizio / Fine esecuzione: 19/12 - 19/12/2013	L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche	
Meteo: sereno	Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino	Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio	
0,20		0,20	G 15A		mS	Sf	Sabbia Pelitica		Sabbia media e media fine debolmente siltosa		
0,80		0,60							Sabbia fine debolmente siltosa con diffuso detrito bioclastico di dimensioni max 2 - 3 mm; localmente rarissimi piccoli ciottoli Ø max 4 - 5 mm Colore 5Y 5/2 light olive gray		
1,00		0,20							Alternanza di livelli di sabbia fine e finissima di spessore 1 - 1,5 cm con livelli pelitici di 2 - 3 mm a 0,85 m livello con maggiore concentrazione di materia organica.		
2,00		1,00							Sabbia fine con diffuso detrito bioclastico di dimensioni millimetriche e sub millimetriche; presenza di bioturbazione che distrugge e altera fortemente la struttura deposizionale Colore 5Y 4/4 moderate olive brown		
2,50		0,50	G 15B		zS	Lms	Pelite molto sabbiosa		Sabbia fine e finissima siltosa con con diffuso detrito bioclastico di dimensioni millimetriche e sub millimetriche; presenza di bioturbazione; si intravede alternanza di livelli di sabbia e pelite		
2,80		0,10							Alternanza di livelli di sabbia fine e finissima siltosa di spessore 0,5 - 1 cm; stratificazione non netta; detrito bioclastico diffuso. Campione G 15B (2,50 m)		
2,85		0,25							Sabbia finissima bioturbata		
3,00		0,15							Alternanza di livelli di sabbia fine e finissima di spessore 1 - 1,5 cm con livelli pelitici di 2 - 3 mm; detrito bioclastico diffuso		
3,75		0,75							Sabbia finissima bioturbata con diffuso detrito bioclastico Colore 5Y 4/4 moderate olive brown		
4,00		0,25							Alternanza di livelli di sabbia fine e finissima di spessore 1 - 1,5 cm con livelli pelitici di 2 - 3 mm; detrito bioclastico diffuso		
4,18		0,18							Sabbia finissima bioturbata con diffuso detrito bioclastico Colore 5Y 4/4 moderate olive brown		
4,50		0,32							Alternanza di livelli di sabbia fine e finissima di spessore che aumenta dall'alto verso il basso da 1,5 a 2,5 cm, e livelli di pelite che passano da 2 - 3 mm a 4 - 5 mm verso il basso		
5,00		0,50	G 15C		zS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia fine e finissima bioturbata; da 4,85 m la sabbia diventa finissima e omogeneizzata per bioturbazione. Presenza di raro detrito bioclastico submillimetrico (0,1 - 0,2 mm) Colore 5Y 4/4 moderate olive brown. Campione G 15C (5,00 m)		
5,85		0,85							Sabbia finissima siltosa con passaggio gradazionale alla base tra 5,83 - 5,85 m		
6,35		0,50							Argilla siltosa, plastica con materia organica diffusa di colore 5Y 5/2 light olive gray; laminazione piano parallela		
6,60		0,25							Sabbia finissima siltosa con passaggio transizionale al tetto verso argilla siltosa		
6,95		0,35							Argilla siltosa, plastica con materia organica diffusa di colore 5Y 5/2 light olive gray; laminazione piano parallela		
7,10		0,15							Silt argilloso con laminazione piano parallela per decantazione; diffusa materia organica		
7,75		0,65	G 15D		zS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia finissima; tra 7,65 - 7,65 aumenta la percentuale di sabbia fine. Presenza di detrito bioclastico. Presenza di bioturbazione che indica direzione di fuga verso l'alto. Evento gradato. Campione G 15D (7,50 m)		
8,00		0,25							Silt argilloso che passa transizionalmente verso il basso a sabbia finissima; a 7,95 maggiore concentrazione di materia organica		
8,17		0,17							Sabbia finissima siltosa con laminazione piano parallela; diffusa materia organica. Alla base passaggio netto con superficie di erosione. Campione D 14C 15 1 (8,24 m)		
8,32		0,04	D 15 1						Alternanza di episodi centimetrici rappresentati da argilla siltosa in livelli di spessore da 2 a 10 cm con tetto netto che passa transizionalmente verso il basso a silt sabbioso in livelli di spessore 2 - 9 cm		
8,51		0,19							colore 5Y 5/2 light olive gray		
8,64		0,13									
8,84		0,20									
9,03		0,19									
9,15		0,12									
9,26		0,11									
9,35		0,09									
9,45		0,10									
9,52		0,07									
9,60		0,08									
9,77		0,17									
9,86		0,09	D 15 2								
9,98		0,12	G 15E		M	F	Pelite		Campione D 14C 15 2 (9,90 m) Campione G 15E (10,00 m)		

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 14,0 m

Sondaggio: **15**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia
10,17		0,19	G	0 20 40 60 80 100					<p>Alternanza di episodi centimetrici rappresentati da argilla siltosa in livelli di spessore da 2 a 10 cm con tetto netto che passa transizionalmente verso il basso a silt sabbioso in livelli di spessore 2 - 9 cm Colore 10Y 4/2 grayish olive a tra 10,54 - 10,58 m. Al top livello concentrato di materia organica Campione D 14C 15 3 (10,45 m)</p> <p>Tra 10,66 - 10,76 m aumenta il contenuto di materia organica; evidente laminazione piano parallela Tra 11,05 - 11,11 m presente detrito bioclastico e materia organica</p> <p>Tra 11,46 - 11,50 m laminazione piano parallela materia organica diffusa</p>
10,38		0,21	D 15 3						
10,45		0,07							
10,58		0,13							
10,66		0,08							
10,76		0,10							
10,85		0,09							
10,93		0,08							
11,05		0,05							
11,09		0,07							
11,11		0,06							
11,14		0,04							
11,30		0,09							
11,40		0,10							
11,50		0,10							
11,76		0,26							
11,87		0,11							
12,16		0,29			M	F		Pelite	<p>Alternanza di livelli di argilla siltosa di 4 - 5 mm e silt argilloso di 3 - 5 mm di spessore, con passaggio transizionale. Presente detrito bioclastico diffuso e materia organica; laminazione piano parallela; Campione G 15F (12,50 m)</p> <p>Tra 13,59 - 13,61 m presente biodetrito submillimetrico a tra 10,54 - 10,58 m. Al top livello concentrato di materia organica Campione D 14C 15 4 (13,76 m)</p>
13,11		0,95	G 15F						
13,27		0,16							
13,36		0,09							
13,50		0,14							
13,61		0,11							
13,71		0,10							
13,80		0,09							
14,00		0,20		D 15 4					

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 15



Sondaggio 15 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 15 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 15



Sondaggio 15 da 10,0 a 14,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare

Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 629 305 E 2 288 333

Sondaggio: **24**

Quota piano fondale: -7,1 m

Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.

Prof. sond.: 13,0 m

Note: sondaggio profondo 20,1 m da livello del mare.

Data Inizio / Fine esecuzione:
14/10 - 14/10/2013

L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche

Meteo: sereno

Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino

Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1959)	Nota (1956)	Caratteri tessuturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio
0			G 24A'	0 20 40 60 80 100	zS	SI	Sabbia Pelitica		Sabbia fine e finissima con presenza di ciottoli molto piccoli, Ø 2-3 mm; presenza di livelli di sabbia grossolana di 3 - 4 mm di spessore tra 0,20 - 0,53 m e tra 0,85 - 1,00 m Presenza diffusa di detriti di bioclasti Colore 5Y 5/2 light olive gray Campione G 24A1 (0,30 m) Campione G 24A (1,50 m)	
1			G 24A		S	S	Sabbia			
2	2,15	2,15	D 24 1 G 24B		zS	Lms	Pelite molto sabbiosa		Alternanza di sabbia finissima in livelli di 1 - 2 cm con livelli di pelite di spessore 1 - 2 mm; presenti detriti bioclastici; tra 2,35 e 2,50 e tra 3,30 e 3,45 m visibile alternanza di livelli di sabbia finissima di spessore 1,5 - 2 cm con livelli di pelite di 2 - 3 mm Colore 5Y 5/2 olive gray Campione G 24B (2,50 m) Campione G 24C (5,00 m) Campione D 14C 24 1 (2,30 m)	
3			G 24C		S	SI	Sabbia Pelitica			
5	5,50	3,35							Silt con sabbia finissima; colore 10Y 4/2 grayish olive; diffuso detrito bioclastico sub millimetrico; macchie scure di materia organica	
5,70		0,20							Sabbia finissima e pelite di colore 10Y 4/2 grayish olive, in alternanza di livelli centimetrici	
6	6,00	0,30	D 24 2						Argilla con livelli di sabbia finissima e silt pelitico; colore 10Y 4/2 grayish olive Campione D 14C 24 2 (6,15 m) Campione D 14C 24 3 (6,80 m)	
6,80		0,80	D 24 3						Sabbia finissima di colore 10Y 4/2 grayish olive, con presenza di detriti bioclastici; presenza di livello di materia organica scura	
6,90		0,10	G 24D		S	SI	Sabbia Pelitica		Argilla con materia organica diffusa il bande; colore 10Y 4/2 grayish olive Campione G 24D (7,50 m) Campione D 14C 24 4 (7,80 m)	
7			D 24 4							
8	8,00	1,10	D 24 5						Silt argilloso con sottili livelli di 1 - 2 mm di materiale più pelitico; colore 10Y 4/2 grayish olive. Detriti bioclastici e materia organica diffusa; livello di biodetriti in frammenti e interi a 8,15 m Campione D 14C 24 5 (8,20 m)	
8,30		0,30							Silt grossolano di colore 10Y 4/2 grayish olive	
9	9,00	0,70							Argilla colore 10Y 4/2 grayish olive	
9,15		0,15							Silt argilloso con locali livelli di sabbia finissima; colore 10Y 4/2 grayish olive. livelli circa 1 cm di silt grossolano a 9,20, 9,35, 9,50, 9,70, 9,80, 9,90 m.	
10	10,00	0,85	G 24E		sZ	Ls	Pelite sabbiosa		Campione G 24E (10,00 m)	

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 13,0 m

Sondaggio: **24**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessuturali	Descrizione della Stratigrafia
10				0 20 40 60 80 100	SZ	Ls	Pelite sabbiosa		<p>Argilla siltosa con materia organica diffusa e concentrata in bande più scure a 10,10, 10,20, 10,50, 10,60, 10,80 m; livelli a maggiore componente di sabbia finissima, con passaggio netto alla base e al tetto, a quote 10,40, 10,45, 10,95 - 11,00 m Livelli centimetrici di silt grossolano e sabbia finissima a 11,00, 11,10, 11,40, 11,55, 11,80, 11,90, 12,01, 12,12, 12,20, 12,35, 12,40, 12,45, 12,68, 12,72, 12,76, 12,92, 13,00. Nei livelli più sabbiosi presenza di cristalli di muscovite. Campione G 24F (12,50 m) Campione D 14C 24 6 (10,80 m) Colore 10Y 4/2 grayish olive.</p>
11			D 24 6						
12					Z	Ls	Pelite sabbiosa		
13	13,00	3,00	G 24F						
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 24



Sondaggio 24 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 24 da 5,0 a 10,0 m

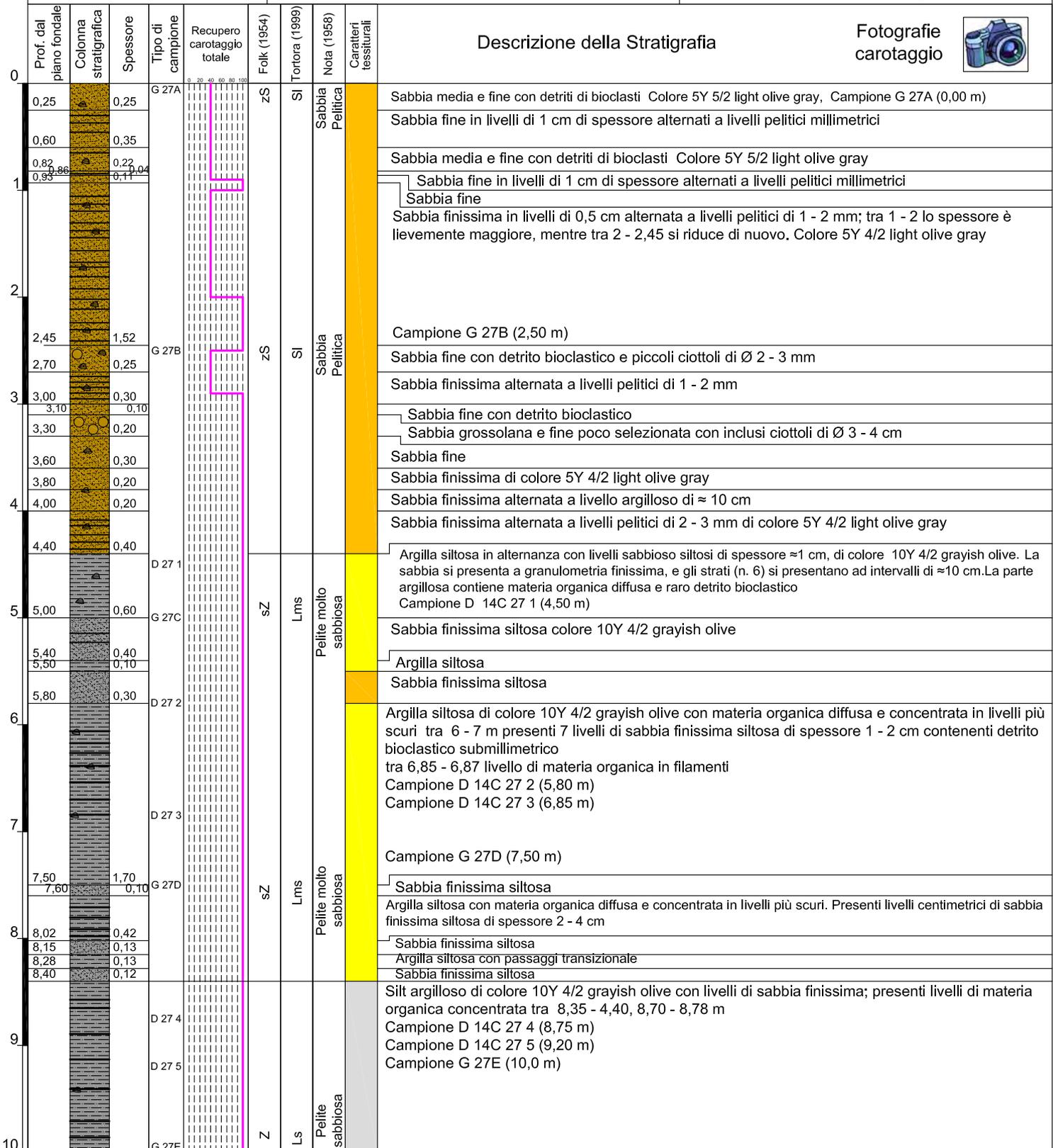
Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 24



Sondaggio 24 da 10,0 a 13,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare	Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 629 159 E 2 288 180	Sondaggio: 27
Quota piano fondale: -8,9 m	Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.	
Prof. sond.: 11,5 m	Note: sondaggio profondo 20,4 m da livello del mare. L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche	
Data Inizio / Fine esecuzione: 17/10 - 17/10/2013	Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino	Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi



Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 11,5 m

Sondaggio: **27**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia
11.50		2,90	D 27 1 G 27F	0 20 40 60 80 100	sZ	LS	Pelite sabbiosa		Silt argilloso di colore 10Y 4/2 grayish olive con livelli di sabbia finissima di spessore centimetrico (1 - 2 cm) livelli di sabbia finissima di ≈ 5 cm presenti tra 10,15 - 10,20, con passaggio transizionale a silt argilloso verso l'alto, 10,95 - 11,00 m con passaggio transizionale a silt argilloso verso l'alto; presenti livelli di materia organica concentrata e rari livelli di detrito bioclastico Campione D 14C 27 6 (10,40 m) Campione G 27F (11,5 m)
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 27



Sondaggio 27 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 27 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 27



Sondaggio 27 da 10,0 a 11,5 m

STRATIGRAFIE SONDAGGI

Sezione Sud

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare	Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 628 449 E 2 288 830	Sondaggio: 65
Quota piano fondale: -5,5 m	Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.	
Prof. sond.: 20,0 m	Note: sondaggio profondo 25,5 m da livello del mare. L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche	
Data Inizio / Fine esecuzione: 21/09 - 21/09/2013		
Meteo: sereno	Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino	Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio 
0			G 65A	0 20 40 60 80 100	zS	SI	Sabbia pelitica		Sabbia fine di colore 5Y 3/2 olive gray; dispersi frammenti di detriti bioclastici; elevata concentrazione di minerali neri pesanti Campione G 65A (0,20 m)	
0,80		0,80							Sabbia media a laminazione interna in alternanza con livelli più pelitici di pochi mm di spessore; presenza di materia organica diffusa e piccole scorie vulcaniche Ø 3 - 4 mm diffusi detriti bioclastici in frammenti	
1,50		0,70							Sabbia fine in alternanza con livelli di pelite di 1 - 2 mm; i livelli sono molto fitti. Spessore livelli di sabbia 1 cm. Colore 5Y 4/4 moderate olive brown.	
1,90		0,40							Sabbia media come livello soprastante	
2,00		0,10							Sabbia fine rimaneggiata; biodetriti diffusi Campione G 65B (2,50 m). Colore 5Y 4/4 moderate olive brown.	
2,50		0,50	G 65B D 65 1		zS	SI	Sabbia pelitica		Sabbia fine in alternanza con livelli millimetrici di pelite; Spessore livelli di sabbia fine 1 - 2 cm, i livelli di pelite hanno spessore 2- 3 mm. Tra 4,00 e 4,50 lo spessore dei livelli di sabbia aumenta a 3 - 4 cm; verso il basso la granulometria della sabbia passa a media fine Diffusa materia organica Campione D 14C 65 1 (2,70 m) Campione G 65C (5,00 m)	
3										
4										
5			G 65C		S	SI	Sabbia pelitica		5,65 - 6,00 alternanza di livelli di 1 - 2 cm di sabbia finissima con livelli pelitici di spessore 1 - 3 mm	
6										
7										
7,00		4,50							Silt argilloso colore 5Y 5/2 light olive gray	
7,40		0,40	G 65D		zS	Lms	Pelite molto sabbiosa		Sabbia finissima con materia organica diffusa	
7,50		0,10	D 65 2						Silt argilloso di colore 5Y 5/2 light olive gray; presenza di livelli centimetrici di sabbia finissima a 8,30, 8,40, 8,50, 8,60, 8,70 (5 cm), 8,80 (10 cm). elevata concentrazione di materia organica tra 8,00 - 8,15 e 8,50 - 8,65 livelli di sabbia finissima con passaggio netto 9 - 9,05, 9,10 - 9,15, 9,25 - 9,45 livelli di sabbia finissima, con passaggio graduale a 9,65 - 9,70, 9,95 - 10,00 materia organica diffusa e concentrata in bande di colore scuro Campione G 65D (7,50 m) Campione G 65E (10,00 m) Campione D 14C 65 2 (7,50 m) Campione D 14C 65 3 (8,60 m)	
8										
9			D 65 3							
10			G 65E		sZ	Ls	Pelite sabbiosa			

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 20,0 m

Sondaggio: **65**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1964)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessuturali	Descrizione della Stratigrafia
10			D 65 4	0 20 40 60 80 100	SZ	Ls			Silt argilloso di colore 5Y 5/2 light olive gray; presenza di livelli centimetrici di sabbia finissima a 10,12, 10,15 - 10,25, 10,45 - 10,47, 10,58, 10,65 - 10,70, 10,82, 10,90 - 10,95, 11,10, 11,20 - 11,25(passaggio graduato), 11,32, 11,36 - 11,40, 11,60 - 11,66 (base e tetto netti), 11,70, 11,90, 11,96 - 12,00. 12,18, 12,60, 12,65, 12,72 - 12,78, 12,96
11									Materia organica diffusa e concentrata in bande scure laminate Campione D 14C 65 4 (10,30 m) Campione D 14C 65 5 (12,75 m) Campione G 65F (12,50 m)
12			G 65F		Z	L			
13			D 65 5						Silt argilloso - argilla siltosa Livelli centimetrici di sabbia finissima a 13,20, 13,72, 13,80 Materia organica concentrata in bande scure laminate 13,00 - 13,05, 13,55 - 13,60, 13,95 - 14,00 Campione D 14C 65 6 (13,55 - 13,60 m)
14			D 65 6						
15			D 65 7		Z	Ls			Livelli centimetrici di sabbia finissima a 14,10, 14,15 - 14,25 (superficie di erosione alla base), 14,41, 14,46, 14,91, 15,10, 15,95 - 16,00 materia organica diffusa in bande scure; rari frammenti di bioclasti Campione G 65G (15,00 m) Campione D 14C 65 7 (14,72 m)
16			G 65G						
17			D 65 8						Livelli centimetrici di sabbia finissima a 16,45, 16,50, 16,70 - 16,75, 16,80 - 16,90, 16,99 17,10, 17,30 - 17,38, 17,40, 17,60, 17,80, 17,90, 17,95 - 18,00 materia organica in bande scure, concentrata tra 16,60 - 16,70; presenza frammenti di bioclasti Campione D 14C 65 8 (16,80 m) Campione D 14C 65 9 (17,30 m) Campione G 65H (17,50 m)
18			D 65 9		SZ	Ls			
19			G 65H						
20	20,00	12,50	D 65 10		SZ	Lms			Silt argilloso con maggiore presenza di sabbia finissima in livelli centimetrici a 18,10, 18,30 - 18,35, 18,38 - 18,45, 18,50, 18,77 - 18,82, 18,90, 18,95 - 19,00, 19,07, 19,11, 19,20, 19,40, 19,50, 19,59, 19,70 - 19,78, 19,82 - 19,90 relativamente minore materia organica; diffuso detrito bioclastico concentrato nei livelli sabbiosi Campione D 14C 65 10 (19,70 - 19,75 m) Campione G 65I (20,00 m)
			G 65I						

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 65



Sondaggio 65 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 65 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 65



Sondaggio 65 da 10,0 a 15,0 m



Sondaggio 65 da 15,0 a 20,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare	Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 628 483 E 2 288 447	Sondaggio: 62
Quota piano fondale: -7,4 m	Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.	
Prof. sond.: 17,0 m	Note: sondaggio profondo 24,4 m da livello del mare. Il sondaggio previsto fino a 20 m da fondo del mare è stato interrotto a 17,0 m per ragioni di sicurezza (misurata elevata pressione di gas nel sottosuolo). L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche	
Data Inizio / Fine esecuzione: 27/10 - 27/10/2013		
Meteo: sereno	Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino	Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1964)	Tortora (1999)	Nota (1956)	Caratteri tessiturati	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio 
0										
0,50		0,50	G 62A		zS	SI	Sabbia pelitica		Sabbia fine e grossolana, limosa di colore 5Y 5/2 light olive gray, con presenza di detriti bioclastici e piccoli ciottoli Ø 2 - 4 mm di composizione vulcanica e sedimentaria; Campione G 62A (0,50 m)	
0,80		0,30							Passaggio transizionale a sabbia fine e finissima di colore N3 dark gray	
1,50		0,70							Alternanza di sabbia fine e finissima in livelli centimetrici con livelli millimetrici di pelite. Presenza di materia organica diffusa e detriti bioclastici	
2,50		1,00	G 62B		zS	SI	Sabbia pelitica		Sabbia grossolana e medio fine lievemente siltosa di colore 5Y 5/2 light olive gray; nella frazione grossolana sono visibili singoli minerali e litoclasti; abbondanti detriti bioclastici	
2,70		0,20							Campione G 62B (2,50 m)	
3,00		0,30							Materiale vulcanoclastico molto grossolano, a tratti cementato, di colore molto scuro 10R 2/2 very dusky red	
4,50		1,50							Alternanza di sabbia fine e finissima in livelli centimetrici con livelli millimetrici di pelite. Presenza di materia organica diffusa e detriti bioclastici colore 5Y 5/2 light olive gray	
5,20		0,70	G 62C		zS	SI	Sabbia pelitica		Sabbia da media a grossolana con detriti bioclastici, con granuli sia litoclastici che minerali. Presenza di diversi litoclasti di Ø 7 - 8 cm. Colore della matrice sabbiosa 5Y 5/2 light olive gray	
5,40		0,20							Passaggio transizionale a sabbia fine con inclusi frammenti bioclastici: colore 5Y 5/2 light olive gray	
5,70		0,30							Campione G 62C (5,00 m)	
6,10		0,40							Passaggio transizionale a silt argilloso con diffusa presenza di materia organica. Al tetto livello centimetrico di sabbia finissima colore 5Y 5/2 light olive gray	
7,00		0,90	D 62-2						Passaggio netto a sabbia finissima siltosa con sottile laminazione colore 5Y 5/2 light olive gray; alternanza di livelli sabbiosi di spessore 1 - 2 cm con livelli pelitici millimetrici	
7,20		0,20							Passaggio netto a argilla debolmente siltosa colore 5Y 5/2 light olive gray	
7,30		0,10	D 62-3						Alternanza di sottili strati millimetrici di argilla limosa con sabbia finissima. Diffusa materia organica e localmente presenti detriti bioclastici. Localmente tracce di bioturbazione. Da 6,80 a 7,00 aumenta la frazione argillosa. A 6,70 concentrazione di materia organica	
7,40		0,10							Campione D 14C 62 1 (5,50 m)	
8,00		0,60	G 62D		N	L	Pelite		Silt argilloso colore 10Y 4/2 grayish olive	
8,05		0,05							Argilla siltosa con materia organica diffusa colore N3 dark gray. Campione D 14C 62 3 (7,20 - 7,30 m)	
8,15		0,10							Silt argilloso colore 10Y 4/2 grayish olive con base e tetto netti	
8,39		0,45	D 62-4						Argilla siltosa con materia organica diffusa colore 10Y 4/2 grayish olive	
8,60		0,19							livelli di materia organica concentrata a 7,55 - 7,60, 7,76 - 7,80. Campione G 62D (7,50 m)	
8,79		0,21							Silt argilloso colore 10Y 4/2 grayish olive con base e tetto netti ricco di minerali di muscovite	
9,00		0,30							Argilla siltosa; da 8,10 a 8,15 maggiore concentrazione di materia organica	
9,30		0,70	D 62-5						Alternanza di sabbia finissima e silt grossolano con argilla siltosa. Il contenuto di sabbia finissima aumenta verso il basso. Il contatto alla base è netto. Tra 8,39 e 8,50 materia organica concentrata	
10,00		0,70	G 62E						Campione D 14C 62 4 (8,39 - 8,50 m)	
									Argilla siltosa; da 8,10 a 8,15 maggiore concentrazione di materia organica	
									Alternanza sabbia finissima e argilla siltosa che aumenta verso il basso	
									Argilla siltosa con passaggio netto al tetto; materia organica diffusa.	
									Alternanza di sabbia finissima siltosa e argilla siltosa. La componente sabbiosa aumenta verso il basso. Livelli a maggiore concentrazione di materia organica tra 9,55 - 9,65, 9,78 - 9,85	
									Campione D 14C 62 5 (9,60 m)	
									Campione G 62E (10,0 m)	

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 17,0 m

Sondaggio: **62**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1964)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia
10,10		0,10							Argilla siltosa di colore 10Y 4/2 grayish olive
									Alternanza di livelli di sabbia finissima siltosa, di spessore 2 - 3 cm in alto che aumentano a 7 - 8 cm verso il basso, con livelli di argilla siltosa con strati più spessi in alto.
11,00		0,90							Alternanza di silt argilloso e argilla siltosa con livelli di sabbia finissima. Gli spessori della sabbia aumentano verso il basso. La successione è di circa 1 m.
			D 62 6						Tra 11,86 e 11,90 lievemente laminata e si evidenzia una gradazione fine grossa dall'alto verso il basso. Gli spessori della sabbia sono di 1 - 2 cm verso l'alto e ±7 cm verso il basso.
11,90		0,90							materia organica concentrata tra 11,10 - 11,13, 11,54 - 11,60, 11,76 - 11,82
11,98		0,08							Campione D 14C 62 6 (11,56 m)
13,00		1,02	G 62F		M	Fs		Pelite sabbiosa	Argilla con tetto e base netta di colore 10Y 4/2 grayish olive
13,07		0,07							Alternanza di sabbia finissima siltosa con livelli siltoso argillosi centimetrici (5 - 10 cm); il trend gradazionale è meno evidente.
			D 62 7						Materia organica diffusa; rari frammenti di bioclasti
13,82		0,75							Campione G 62F (12,50 m)
14,00		0,18							Argilla siltosa
									Alternanza di sabbia finissima e silt grossolano con argille siltose; tra 13,68 e 13,80 i livelli di sabbia finissima sono più spessi e si presentano con base e tetto netti. Materia organica concentrata a 13,07 - 13,11, 13,40 - 13,53
14,70		0,70							Campione D 14C 62 7 (13,4 - 13,50 m)
15,00		0,30	G 62G		Z	Ls		Pelite sabbiosa	Argilla siltosa; verso la base 2 cm di sabbia finissima. Livelli di materia organica concentrata scura tra 13,84 - 13,88, 13,92 - 13,95. Rarissimi detriti bioclastici
									Alternanza di sabbia finissima siltosa (±0,5 mm) con livelli siltosi argillosi.
15,60		0,60							Materia organica diffusa
16,00		0,40	D 62 8						Tre livelli di sabbia finissima in alternanza con livelli argillosi. Tra 14,93 e 14,95 livello di detriti bioclastici
									Campione G 62G (15,00 m)
									Silt argilloso argilla siltosa con assenza di livelli sabbiosi significativi.
									tra 15,38 e 15,40 detriti bioclastici
									Alternanza di sabbia finissima siltosa (max 5 mm) con livelli siltosi argillosi.
									Materia organica diffusa
									Alternanza di sabbia finissima siltosa con livelli siltosi argillosi. I livelli di sabbia finissima tra 16,07 - 16,30, 16,37 16,50 con detrito bioclastico e passaggio gradazionale ad argilla alla base, 16,90 - 17,00
									Tra 16,50 e 17,00 argilla con passaggio netto
			G 62H		sZ	Ls		Pelite sabbiosa	Materia organica diffusa
									Campione D 14C 62 8 (16,0 m)
									Campione G 62H (17,00 m)
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 62



Sondaggio 62 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 62 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 62



Sondaggio 62 da 10,0 a 15,0 m



Sondaggio 62 da 15,0 a 17,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare

Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 628 494 E 2 288 302

Sondaggio: **60**

Quota piano fondale: -9,1 m

Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.

Prof. sond.: 17,0 m

Note: sondaggio profondo 26,1 m da livello del mare. Il sondaggio previsto fino a 20 m da fondo del mare è stato interrotto a 17,0 m per ragioni di sicurezza (misurata elevata pressione di gas nel sottosuolo) L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche

Data Inizio / Fine esecuzione:
08/01 - 08/01/2014

Meteo: sereno

Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino

Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1964)	Tortora (1999)	Nota (1956)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio
0			G 60A			SI	Sabbia pelitica		Sabbia fine con diffuso detrito bioclastico e materia organica localizzata in presenza di materia organica il colore del sedimento appare più scuro Colore 5Y 4/4 moderate olive brown. Campione G 60A (0,00 m)	
0,80		0,80								
1,00		0,20							Silt argilloso tra 0,80 - 0,82 con passaggio a sabbia fine tra 0,82 - 1,00. Tra 0,69 - 1,00 presenza abbondante di materia organica anche vegetale - scuro;	
1,23		0,23	D 60 1						Sabbia finissima con passaggio transizionale al tetto Campione D 14C 60 1 (1,20 m)	
1,33		0,10							-Argilla siltosa colore-10Y 4/2 grayish-olive, con abbondante materia organica anche vegetale che da un colore più scuro tra 1,23 - 1,33 m. Passaggio transizionale al letto.	
									Sabbia finissima con passaggio transizionale al tetto e al letto tra 1,33 - 2,57 m; tra 1,54 - 1,59 m livello maggiormente siltoso tra 1,72 - 1,75 m concentrazione di detrito bioclastico (lamellibranchi) tra 1,80 - 1,83 m e tra 1,94 - 1,99 intercalato livello siltoso sabbioso argilloso la sabbia mostra laminazione piano parallela tra 2,00 - 2,57 maggiormente visibile la stratificazione con livelli pelitici tra 2,17 - 2,57 maggiore contenuto di materia organica Campione G 60B (2,50 m)	
2,57		1,24	G 60B			SI	Sabbia pelitica			
									Alternanza di livelli di sabbia fine - finissima di spessore 1,5 - 2 cm e livelli di pelite di 2 - 3 mm Colore 5Y 4/4 moderate olive brown presenza di diffuso detrito bioclastico milli e submillimetrico, e concentrato tra 2,60 - 2,62 m e tra 2,77 - 2,80 m tra 3,01 - 3,06 intercalazione di silt sabbioso argilloso tra 3,07 - 3,10 maggiore concentrazione di detrito bioclastico Tra 3 - 4 m la stratificazione risulta meno netta	
4,00		1,43							Sabbia finissima con intercalazione di livelletti di silt argilloso tra 4,14 - 4,15 m e tra 4,32 - 4,33 m. Verso il basso aumenta la percentuale di silt argilloso sabbioso;	
4,32		0,32							Sabbia finissima con intercalazione di livelletti di silt argilloso tra 4,14 - 4,15 m e tra 4,32 - 4,33 m. Verso il basso aumenta la Silt argilloso con passaggio transizionale al tetto Campione D 14C 60 2 (4,70 m)	
4,85		0,53	D 60 2							
5,03		0,18	G 60C			SM	Fms Pelite molto sabbiosa		Alternanza di livelli di silt sabbioso e silt argilloso con livelli di sabbia finissima Campione G 60C (5,00 m)	
5,19		0,16							Silt argilloso con diffusa materia organica	
5,33		0,14							Sabbia finissima di colore 10Y 4/2 grayish olive con detrito bioclastico concentrato tra 5,24 - 5,25 m	
									Alternanza di livelli di silt sabbioso e silt argilloso con livelli di sabbia finissima alla base dei livelli di silt sabbioso e delle sabbie finissime passaggio netto	
6,00		0,67								
6,12		0,12							Silt argilloso	
6,28		0,16							Sabbia fine finissima con laminazione piano parallela fino a 6,21 m; laminazione inclinata tra 6,21 - 6,24 m; laminazione parallela 6,24 - 6,28 m; al letto base netta	
									Alternanza di livelli di silt sabbioso e livelli di sabbia finissima con livelli di silt argilloso in eventi di 10 - 15 cm; alla base dei livelli di silt sabbioso e delle sabbie finissime passaggio netto Campione D 14C 60 3 (7,40 m) Campione G 60D (7,50 m)	
7			D 60 3 G 60D			Z	LS Pelite sabbiosa			
8										
9										
10			G 60E			LS	Pelite sabbiosa		Campione G 60E (10,00 m)	

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 17,0 m

Sondaggio: **60**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia
10					sZ	Ls	Pelite sabbiosa		Alternanza di livelli di silt sabbioso e livelli di sabbia finissima con livelli di silt argilloso in eventi di 10- 15 cm; alla base dei livelli di silt sabbioso e delle sabbie finissime passaggio netto
11									
12			G 60F		M	F	Pelite		Campione G 60F (12,50 m)
13			D 60 4						Campione D 14C 60 4 (13,00 m)
14									
15			G 60G		Z	Ls	Pelite sabbiosa		tra 14,17 - 14,76 m presente alle quote 14,17, 14,35, 14,71, 14,76 m detrito bioclastico costituito da turritelle
16			D 60 5						Campione D 14C 60 5 (15,40 m)
17	17,00	10,72	G 60H		zS	Lms	Pelite molto sabbiosa		Campione G 60H (17,00 m)
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 60



Sondaggio 60 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 60 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 60



Sondaggio 60 da 10,0 a 15,0 m



Sondaggio 60 da 15,0 a 17,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare

Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 628 680 E 2 288 003

Sondaggio: **58**

Quota piano fondale: -10,2 m

Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.

Prof. sond.: 16,0 m

Note: sondaggio profondo 26,2 m da livello del mare. Il sondaggio previsto fino a 20 m da fondo del mare è stato interrotto a 16,0 m per ragioni di sicurezza (misurata elevata pressione di gas nel sottosuolo) L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche

Data Inizio / Fine esecuzione:
09/01 - 09/01/2014

Meteo: sereno

Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino

Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio	
0			G 58A		ZS	Lms			Sabbia fine Colore 5Y 4/4 moderate olive brown. Tra 0,00 - 0,20 m livello torboso Campione G 58A (0,00 m)		
0,35		0,35							Sabbia finissima 0,35 - 0,60 m; tra 0,60 - 0,66 m sabbia fine con base netta		
0,66		0,25							Silt argilloso tra 0,66 - 0,72 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 0,72 - 0,80 m		
0,80		0,14							Silt argilloso tra 0,80 - 0,88 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 0,88 - 1,08 m		
1									Silt argilloso tra 1,08 - 1,15 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 1,15 - 1,25		
1,08		0,28							Silt argilloso tra 1,25 - 1,27 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 1,27 - 1,34 m; base netta; Silt argilloso tra 1,34 - 1,35 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 1,35 - 1,40 m, base netta; Silt argilloso tra 1,40 - 1,47 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 1,47 - 1,52 m; base netta		
1,25		0,17							Silt argilloso tra 1,52 - 1,58 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 1,58 - 1,86 m; base netta		
1,52		0,27							Silt argilloso tra 1,86 - 1,88 m che passa transizionalmente a silt sabbioso tra 1,88 - 2,00 m; base netta Campione D 14C 58 1 (1,90 m)		
1,86		0,34	D 58 1						Alternanza di livelli di sabbia finissima di 1 cm e livelli di pelite di 1 - 2 mm; tra 2,23 - 2,24 livello di silt argilloso con base e tetto netti; tra 2,24 - 2,57 m sabbia finissima		
2		0,14							Campione G 58B (2,50 m)		
2,00					ZS	Lms			Silt argilloso; alla base tra 3,00 - 3,06 m sabbia finissima siltosa		
2,57		0,57	G 58B						Silt argilloso tra 3,06 - 3,09 m con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 3,09 - 3,11 m; Base netta. Silt argilloso con livelli di silt sabbioso. Tra 3,24 - 3,26 m livello di silt sabbioso con base e tetto netti. Silt argilloso tra 3,26 - 3,29 m con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 3,29 - 3,34 m. Base netta		
3									Silt argilloso tra 3,34 - 3,53 m; concentrazione di materia organica tra 3,41 - 3,49 m; Silt sabbioso con base netta 3,53 - 3,58 m		
3,06		0,49							Silt argilloso con livelli di silt sabbioso tra 3,58 - 3,71 m; Silt argilloso tra 3,71 - 3,87 m; concentrazione di materia organica tra 3,79 - 3,86 m Campione D 14C 58 2 (3,75 m); Silt sabbioso con laminazione piano parallela e base netta tra 3,87 - 3,97 m		
3,34		0,28							Silt argilloso con livelli di silt sabbioso tra 3,97 - 4,15 m; Silt sabbioso con laminazione piano parallela e base netta tra 4,15 - 4,23 m		
3,58		0,24							Silt argilloso con livelli di silt sabbioso tra 4,23 - 4,40 m; Silt sabbioso tra 4,40 - 4,55 m		
4			D 58 2						Silt argilloso tra 4,55 - 4,61 m con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 4,61 - 4,67 m. Base netta		
3,97		0,39							Silt argilloso tra 4,67 - 4,72 m con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 4,72 - 4,75 m. Base netta		
4,23		0,26							Silt argilloso tra 4,75 - 4,85 m con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 4,85 - 4,87 m. Base netta		
4,55		0,32							Silt argilloso tra 4,87 - 5,04 m con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 5,04 - 5,06 base netta		
4,87		0,32	G 58C		M	F			Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso; verso la base aumenta la percentuale di silt sabbioso con passaggio transizionale; tra 5,23 - 5,27 silt sabbioso. Materia organica diffusa Campione G 58C (5,00 m)		
5									Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso tra 5,27 - 5,41 m; Sabbia finissima siltosa con base netta tra 5,41 - 5,54 m		
5,27		0,40							Silt argilloso tra 5,54 - 5,59 m; Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso; tra 5,59 - 5,60 m e tra 5,72 - 5,74 m maggiore concentrazione di silt sabbioso; passaggi transizionali		
5,54		0,27							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso; alla base tra 5,99 - 6,00 livello di 1 cm di silt sabbioso		
5,74		0,20							Silt argilloso tra 6,00 - 6,33 con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 6,33 - 6,35 m		
6									Silt argilloso tra 6,35 - 6,55 con passaggio transizionale ad alternanza di silt sabbioso e silt argilloso tra 6,55 - 6,63 m; tra 6,63 - 6,64 m silt sabbioso		
6,35		0,35							Silt argilloso tra 6,64 - 7,08 con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 7,08 - 7,12 m.		
6,64		0,29							tra 6,70 - 6,72 m presenza di detrito bioclastico concentrato		
7									Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso tra 7,12 - 7,32 m; Silt argilloso tra 7,32 - 7,35 m con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 7,35 - 7,39 m base netta		
7,12		0,48							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso di spessore 3 - 10 cm; passaggio transizionale tra silt argilloso e silt sabbioso; base netta al silt sabbioso		
7,39		0,27	G 58D		Z	Ls			Campione G 58D (7,50 m) Campione D 14C 58 3 (7,50 m)		
7,78		0,39	D 58 3						Silt argilloso		
8									Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso di spessore 3 - 10 cm; passaggio transizionale tra silt argilloso e silt sabbioso; base netta al silt sabbioso		
8,00		0,22							Campione D 14C 58 4 (9,70 m)		
9									Campione G 58E (10,00 m)		
10			D 58 4		M	F					
			G 58E								

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 16,0 m

Sondaggio: **58**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia
10				0 20 40 60 80 100	M	F	Pelite		Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso di spessore 3 - 10 cm; passaggio transizionale tra silt argilloso e silt sabbioso; base netta al silt sabbioso
11									
12			D 58 5						Campione D 14C 58 5 (11,90 m)
13			G 58F		Z	L	Pelite		Campione G 58F (12,50 m)
			D 58 6						Campione D 14C 58 6 (13,10 m)
14									Silt sabbioso con biodetrito concentrato (turrifera) tra 14,26 - 14,30
15			G 58G		M	F	Pelite		Campione G 58G (15,00 m)
16	16,00	8,00	D 58 7						Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso, nei livelli di silt sabbioso presenza concentrata di biodetrito submillimetrico Campione D 14C 58 7 (15,90 m)
17									
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 58



Sondaggio 58 da 0,0 a 5,0 m

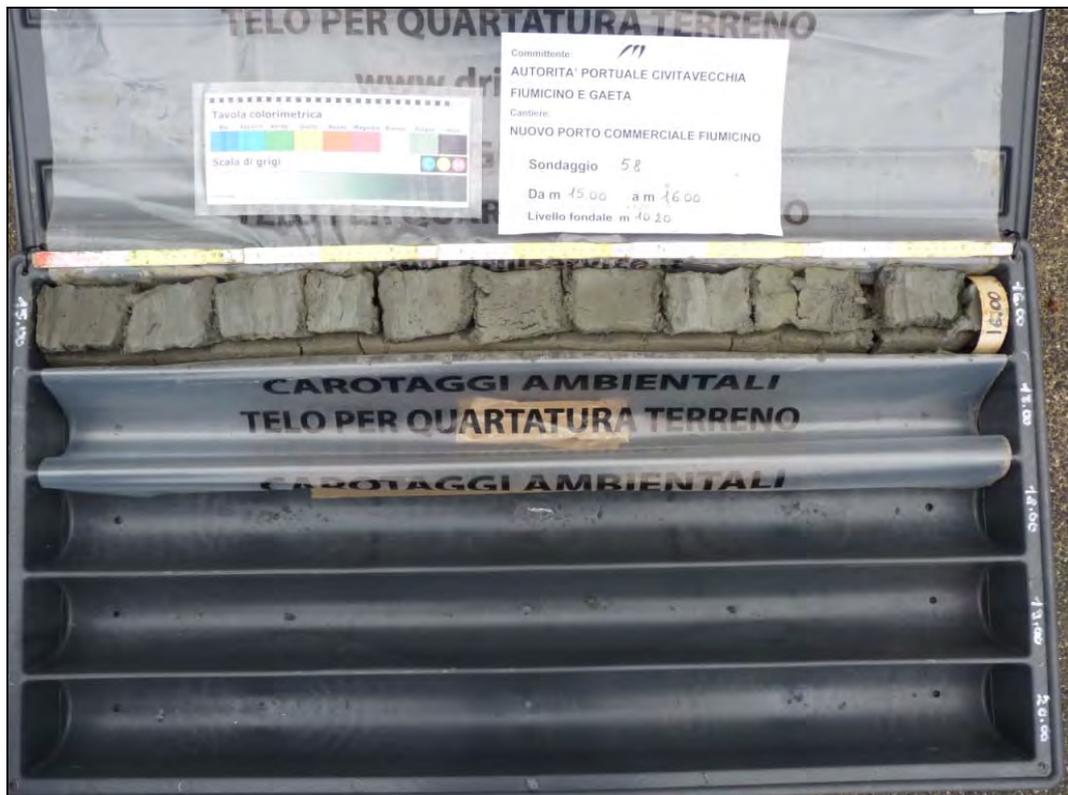


Sondaggio 58 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 58



Sondaggio 58 da 10,0 a 15,0 m



Sondaggio 58 da 15,0 a 16,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Localizzazione: Fiumicino mare

Coord. Gauss - Boaga fuso 33E: N 4 628 830 E 2 287 853

Sondaggio: **56**

Quota piano fondale: -10,5 m

Metodo e diametro di perforazione: carotaggio continuo a secco con carotiere semplice Ø 101 mm, rivestito.

Prof. sond.: 15,0 m

Note: sondaggio profondo 25,5 m da livello del mare. Il sondaggio previsto fino a 20 m da fondo del mare è stato interrotto a 15,0 m per ragioni di sicurezza (misurata elevata pressione di gas nel sottosuolo) L'analisi della carota di terreno derivata dal sondaggio ha escluso la presenza di evidenze archeologiche

Data Inizio / Fine esecuzione:
07/01 - 07/01/2014

Meteo: sereno

Impresa esecutrice: Alessandrini Peppino

Redazione: Prof. S. Milli - dott. geol. M. Ticconi

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri testurali	Descrizione della Stratigrafia	Fotografie carotaggio
0			G 56A	0,20 40 60 80 100	M	F	Pelite		Argilla siltosa da 0,00 a 0,03 m che passa a silt argilloso da 0,03 a 0,07 m; la base è netta Colore 5Y 5/2 light olive gray. Campione G 56A (0,00 m) Presenza di materia organica diffusa e concentrata tra 0,10 - 0,15, 0,51 - 0,69 e tra 0,80 - 0,88 m passaggio transizionale a silt argilloso tra 0,90 - 0,94 m, a silt sabbioso tra 0,94 - 1,00 m e sabbia finissima tra 1,00 - 1,02 m con base netta; silt argilloso tra 1,02 - 1,06 m con passaggio transizionale a sabbia fine finissima tra 1,06 - 1,10 m con base netta Argilla siltosa con base netta tra 1,20 - 1,28 m Sabbia fine finissima con base netta	
1,28		1,28							Argilla siltosa con base netta	
1,37		0,09							Sabbia fine finissima con base netta; Colore 5Y 5/2 light olive gray; presente detrito bioclastico submillimetrico	
1,69		0,32							Alternanza di livelli di sabbia fine finissima di spessore 1 cm e livelli di pelite di 1 - 2 mm; da 2,00 a 2,28 m i livelli risultano meno evidenti a causa del rimaneggiamento della carota durante l'estrazione	
2,28		0,59							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso	
2,45		0,17							Silt sabbioso con passaggio transizionale al tetto. Campione G 56B (2,50 m)	
2,58		0,13	G 56B		zS	Lms	Pelite molto sabbiosa		Silt argilloso tra 2,58 - 2,60 m che passa transizionalmente ad alternanza di silt argilloso e silt sabbioso tra 2,60 - 2,82 m e silt sabbioso tra tra 2,82 - 2,85 m	
2,85		0,59							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso	
3,09		0,24							Silt argilloso; livello di materia organica concentrata tra 3,13 - 3,20 m	
3,20		0,11							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso	
3,58		0,38							Silt argilloso tra 3,58 - 3,68 m che passa transizionalmente ad alternanza di livelli di silt argilloso e sabbioso tra 3,68 - 3,72 m e a silt sabbioso tra 3,72 - 3,75 m	
3,75		0,17							Silt argilloso tra 3,58 - 3,68 m che passa transizionalmente ad alternanza di livelli di silt argilloso e sabbioso tra 3,68 - 3,72 m e a silt sabbioso tra 3,72 - 3,75 m tra 4,25 - 4,29 m alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso Campione D 14C 56 1 (3,90 m)	
4,29		0,54							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso	
4,54		0,25							Silt argilloso tra 4,54 - 4,68 m; alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 4,68 - 4,72 m; Silt sabbioso con base netta tra 4,76 - 4,79 m	
4,79		0,25							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 4,79 - 4,89 m; Silt sabbioso con base netta tra 4,89 - 4,94 m	
4,94		0,15	G 56C		M	F	Pelite		Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 4,94 - 5,47 m; Silt sabbioso con base netta tra 5,47 - 5,49 m Campione G 56C (5,00 m) livelli di silt argilloso tra 5,00 - 5,10 m e tra 5,25 - 5,30 m	
5,49		0,55							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 5,49 - 5,57 m; silt argilloso tra 5,57 - 5,66 m	
5,90		0,41							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 5,66 - 5,88 m; tra 5,88 - 5,90 m silt sabbioso con base netta	
6,23		0,33							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 5,90 - 6,16 m; sabbia finissima tra 6,16 - 6,23 m	
6,30		0,07							Silt argilloso tra 6,23 - 6,25 m con base e tetto netto; sabbia finissima siltosa con base netta tra 6,25 - 6,30 m	
6,77		0,47							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 6,30 - 6,73 m; sabbia finissima siltosa tra 6,73 - 6,77 m	
7,30		0,53							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale; verso il basso aumenta la percentuale di silt sabbioso in livelli di 1,5 cm; tra 7,27 - 7,30 m silt sabbioso con base netta	
7,51		0,21							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 7,30 - 7,44 m; Silt sabbioso tra 7,44 - 7,51 m Campione G 56D (7,50 m)	
7,62		0,11	G 56D		sM	FS	Pelite sabbiosa		Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 7,59 - 7,62 m e base netta	
7,86		0,24							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 7,62 - 7,71 m; Silt sabbioso; materia organica concentrata tra 7,78 - 7,86 m. Campione D 14C 56 2 (7,80 m)	
8,13		0,27	D 56 2						Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 7,86 - 8,06; Silt sabbioso gradato con laminazione piano parallela tra 8,06 - 8,13 m;	
8,52		0,39							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale	
8,87		0,35							Silt argilloso tra 8,52 - 8,68 m; Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale; silt sabbioso con base netta tra 8,79 - 8,87 m	
9,09		0,22							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale; tra 9,07 - 9,09 silt sabbioso con base netta;	
9,30		0,21							Silt argilloso tra 9,09 - 9,12 m con passaggio ad alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso; tra 9,27 - 9,30 silt sabbioso con base netta	
9,68		0,38	D 56 3						Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale; tra 9,61 - 9,68 silt sabbioso con laminazione piano parallela e base netta erosiva Campione D 14C 56 3 (9,50 m)	
10			G 56E		Z	L	Pelite		Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale Campione G 56E (10,00 m)	

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino - Indagini archeologiche

Prof. sond.: 15,0 m

Sondaggio: **56**

Prof. dal piano fondale	Colonna stratigrafica	Spessore	Tipo di campione	Recupero carotaggio totale	Folk (1954)	Tortora (1999)	Nota (1958)	Caratteri tessiturali	Descrizione della Stratigrafia
10,10		0,42		0 20 40 60 80 100	Z	L	Pelite		Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale; silt sabbioso con base netta tra 10,08 - 10,10 m
10,20		0,10							Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale che passa a silt sabbioso con base netta tra 10,17 - 10,20 m
10,52		0,32							Silt argilloso con passaggio transizionale alla base tra 10,20 - 10,26 m; Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 10,26 - 10,41 m; Silt sabbioso con base netta tra 10,41 - 10,52 m
10,77		0,25							Silt argilloso con passaggio transizionale alla base tra 10,52 - 10,60 m; Alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale tra 10,60 - 10,74 m; Silt sabbioso con base netta tra 10,74 - 10,77 m
10,95		0,22	D 56 4						tra 10,77 - 10,85 m alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 10,85 - 10,89 m, passaggio ad alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso tra 10,89 - 10,95 m
11,13		0,18							Silt argilloso con passaggio transizionale alla base a alternanza di livelli di silt argilloso e sabbioso tra 11,00 - 11,10 m e passaggio a silt sabbioso tra 11,10 - 11,13 m Materia organica concentrata tra 10,96 - 10,99 m Campione D 14C 56 4 (10,95 m)
11,35		0,22							Silt argilloso tra 11,13 - 11,16 m con passaggio transizionale a silt sabbioso tra 11,16 - 11,19 m; Silt argilloso con passaggio transizionale alla base, materia organica concentrata tra 11,25 - 11,27 e 11,34 - 11,36 m
11,64		0,29							Alternanza di silt argilloso e silt sabbioso tra 11,35 - 11,62 con passaggio transizionale a silt sabbioso con base netta tra 11,62 - 11,64 m
11,92		0,28							Silt argilloso tra 11,64 - 11,70 con passaggio transizionale a silt sabbioso con base netta tra 11,70 - 11,73 m; Silt argilloso tra 11,73 - 11,80 che passa ad alternanza di silt argilloso e silt sabbioso tra 11,80 - 11,90 con passaggio transizionale a silt sabbioso con base netta tra 11,90 - 11,92 m; materia organica concentrata tra 11,79 - 11,83 m biodetriti tra 11,80 - 11,81 e tra 11,91 - 11,92 m
12,37		0,45							G 56 F
12,78		0,41							Silt argilloso con passaggio transizionale alla base tra 12,37 - 12,46 m; Alternanza di silt argilloso e silt sabbioso tra 12,46 - 12,68 m Silt sabbioso con base netta Tra 12,69 - 12,78 m Campione G 56 F (12,50 m)
13,05		0,27							Silt argilloso con passaggio transizionale alla base tra 12,78 - 12,88 m; Alternanza di silt argilloso e silt sabbioso tra 12,88 - 12,95 m Silt sabbioso con base netta Tra 12,95 - 13,05 m
13,32		0,32							Silt argilloso tra 13,05 - 13,08 m che passa ad alternanza di silt argilloso e silt sabbioso tra 13,08 - 13,29 con passaggio transizionale a silt sabbioso con base netta tra 13,29- 13,32 m
13,67		0,35							D 56 5
14,25		0,58	D 56 6						Alternanza di silt argilloso e silt sabbioso tra 13,67 - 14,22 m e passaggio a silt sabbioso tra 14,22 - 14,25 m; base netta tra 13,82 - 13,83 presenza di detrito bioclastico concentrato
14,71		0,46							Silt argilloso con passaggio transizionale alla base Campione D 14C 56 6 (14,34 m) Alternanza di silt argilloso e silt sabbioso tra 14,41 - 14,67 m e passaggio a silt sabbioso tra 14,67 - 14,71 m; base netta presenza di detrito bioclastico
15,00		15,00	G 56 G		M	F	Pelite		Silt argilloso tra 14,71 - 14,77 m con passaggio transizionale alla base ad alternanza di livelli di silt argilloso e silt sabbioso tra 14,77 - 14,91 m e passaggio a silt sabbioso tra 14,91 - 15,00 m bioclasti a 14,88 m e tra 14,98 - 15,00 m Campione G 56 G (15,00 m)
16									
17									
18									
19									
20									

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 56



Sondaggio 56 da 0,0 a 5,0 m



Sondaggio 56 da 5,0 a 10,0 m

Progetto: Nuovo Porto Commerciale di Fiumicino – SONDAGGIO 56



Sondaggio 56 da 10,0 a 15,0 m

6. INDAGINE SULLA GRANULOMETRIA DEI SEDIMENTI

6.1. Analisi di laboratorio e prime elaborazioni

Le analisi granulometriche sono state eseguite presso il laboratorio di Sedimentologia del Dipartimento di Scienze della Terra (SAPIENZA Università di Roma), ed hanno riguardato 85 campioni raccolti a varie quote dai sondaggi. Preliminarmente alle analisi, si è resa necessaria la preparazione dei campioni prelevando da ciascuno una quantità variabile di sedimento (da 10 a 80 gr.), essiccata poi in forno ventilato a 40°C per oltre 48 ore. Il sedimento è stato in seguito sottoposto a due lavaggi in acqua ossigenata a 20 volumi per eliminare il contenuto organico, e a due lavaggi in acqua distillata per rimuoverne totalmente i residui; ogni attacco in acqua ossigenata si è protratto per un tempo variabile tra 10 e 15 giorni. Successivamente a questa fase i campioni sono stati nuovamente essiccati, pesati e sottoposti ad agitazione per circa tre ore in una soluzione di esametafosfato di sodio (dispersante), al fine di evitare fenomeni di flocculazione nel corso delle analisi. Questa miscela è stata poi vagliata in umido con un setaccio da 0.250 mm. Il trattenuto, se superiore al 5% sul totale in peso, è stato setacciato a secco (prassi che ha riguardato solo i campioni più grossolani), mentre il passante è stato sottoposto (previa quartatura) ad analisi granulometriche utilizzando un granulometro laser. Questo strumento, che risolve con estremo dettaglio lo spettro dimensionale delle particelle (per intervalli di $1/4$ di ϕ), è costituito da una sorgente laser, una cella ove grazie a una pompa il sedimento circola in sospensione in acqua distillata, e un rilevatore dimensionale (detector). Il tutto è gestito da un apposito programma (HELOS). Operativamente, la soluzione acqua-sedimento è stata fatta passare nel circuito dello strumento per 60", nel presupposto che durante tale intervallo tutta la massa particellare fosse attraversata per tre volte dal raggio laser. La lunghezza focale (la distanza a cui può essere posto il detector) scelta per l'analisi degli 85 campioni è stata di 200 mm.

I dati delle analisi sono stati elaborati da un programma di calcolo che in uscita ha fornito una serie di parametri e grafici riportati per ogni campione in tre schede includenti (vedi allegato a questa relazione):

- Nella 1^a scheda, le percentuali di frequenza semplice e cumulata di ogni classe granulometrica; i valori degli indici statistici (Media, Classamento, Asimmetria e Appuntimento) di Folk e Ward (1957); le percentuali degli intervalli granulometrici ghiaioso,

sabbioso, limoso, e argilloso (Wentworth, 1922); i valori dei percentili stimati dalla curva di frequenza cumulata.

- Nella 2^a scheda, l'istogramma di frequenza semplice, e la curva di frequenza cumulata su scala probabilistica.

- Nella 3^a scheda, il tipo di sedimento riferito a due sistemi di classificazione (Folk, 1954; Tortora, 1999), entrambi basati su diagrammi ternari che considerano le percentuali di sabbia, limo e argilla.

I metodi per gli elaborati nelle schede sono quelli classici della sedimentologia, e maggiori dettagli, anche sul significato ambientale dei parametri forniti, possono essere desunti in Ricci Lucchi (1972), Pettijohn (1975), Bosellini et al. (1989). In particolare, gli indici statistici esprimono in sintesi le caratteristiche della distribuzione granulometrica (Fig. 13), e consentono, pur con una serie di margini d'incertezza, di fare deduzioni sugli ambienti di deposizione (Mason e Folk, 1958; Friedman 1961; 1967), che possono essere meglio definiti, quando all'analisi granulometrica si sommano i dati derivanti dal riconoscimento delle facies e delle associazioni di facies riscontrabili nelle carote. Si rammenta, infine, che in sedimentologia la dimensione delle particelle è espressa in unità phi corrispondenti al logaritmo (in base 2) della dimensione in mm. Alcuni tra i parametri granulometrici più significativi sono riportati in tabella 1; in tabella 2 sono invece riportati i dati riferiti all'indagine geologica della precedente convenzione (2005-06), anch'essi considerati nel presente studio.

6.2. Tipi di sedimento nei sondaggi

I campioni raccolti sono stati classificati con tre metodi differenti. Il primo utilizza il diagramma binario di Nota (1958) che distingue 5 tipi di tessiture in funzione della percentuale di sabbia e pelite (limo+argilla) contenuta in ogni campione. Il secondo (Folk, 1954) e il terzo (Tortora, 1999) si avvalgono invece di diagrammi ternari che classificano il sedimento in base al contenuto (%) di sabbia, limo e argilla. Nei tre processi di classificazione la componente sabbiosa ha incluso anche la ghiaia, quest'ultima quasi sempre assente o con percentuali molto basse. I sedimenti riconosciuti sono riportati in tabella 1; in tabella 2 sono invece riportati, per confronto, i dati relativi ai campioni prelevati nella campagna 2005-06. Il metodo di Folk (1954) non è stato utilizzato negli elaborati grafici delle due sezioni.

SCALA GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI
(da Bosellini et al., 1989)

MILLIMETRI	MICRON	SCALA ϕ	CLASSI GRANULOMETRICHE (Wentworth)	
4096		-12	Blocchi	GHIAIA
256		-8	Ciottoli	
64		-6	Ciottoletti	
4.00		-2	Granuli	
3.36		-1.75		
2.83		-1.50		
2.38		-1.25		
2.00	2000	-1	Sabbia molto grossa	
1.68		-0.75		
1.41		-0.50		
2.19		-0.25	Sabbia grossa	
1.00	1000	0		
0.84		0.25	Sabbia media	
0.71		0.50		
0.59		0.75	Sabbia fine	
0.50	500	1		
0.42	420	1.25	Sabbia molto fine	
0.35	350	1.50		
0.30	300	1.75	Silt grosso	
0.25	250	2		
0.210	210	2.25	Silt medio	
0.177	177	2.50		
0.149	149	2.75	Silt fine	
0.125	125	3		
0.105	105	3.25	Silt molto fine	
0.098	88	3.50		
0.074	74	3.75	ARGILLA	
0.0625	62.5	4		
0.053	53	4.25	SILT (fino)	
0.044	44	4.50		
0.037	37	4.75	FANGO	
0.031	31	5		
0.0156	15.6	6	ARGILLA	
0.0078	7.8	7		
0.0039	3.9	8	ARGILLA	
0.0020	2	9		
0.00098	0.98	10	ARGILLA	
0.00049	0.49	11		
0.00024	0.24	12	ARGILLA	

INTERVALLI DEL PARAMETRO CLASSAMENTO (Sd)

< 0.35 phi	sedimento molto ben classato
0.35-0.50 phi	sedimento ben classato
0.50-1.00 phi	sedimento moderatamente classato
1.00-2.00 phi	sedimento poco classato
2.00-4.00 phi	sedimento molto poco classato
> 4.00 phi	sedimento estremamente poco classato

INTERVALLI DEL PARAMETRO ASIMMETRIA (Sk)

da -1.00 a -0.30	sedimento ad asimmetria molto negativa
da -0.30 a -0.10	sedimento ad asimmetria negativa
da -0.10 a +0.10	sedimento simmetrico
da +0.10 a +0.30	sedimento ad asimmetria positiva
da +0.30 a +1.00	sedimento ad asimmetria molto positiva

INTERVALLI DEL PARAMETRO APPUNTIMENTO (Kg)

< 0.67	sedimento molto platicurtico
0.67-0.90	sedimento platicurtico
0.90-1.11	sedimento mesocurtico
1.11-1.50	sedimento leptocurtico
1.50-3.00	sedimento molto leptocurtico
> 3.00	sedimento estremamente leptocurtico

Fig. 13. Sistemi di classificazione per i valori dei parametri Diametro Medio (Mz), Classamento (Sd), Asimmetria (Sk) e Appuntimento (Kg). Da Wentworth (1922); Folk e Ward (1957); Bosellini et al. (1989).

campioni	quota dal top carota	% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	PARAMETRI STATISTICI				CLASSIFICAZIONI		
						Mz	Sd	Sk	Kg	Nota (1958)	Tortora (1999)	Folk (1954)
56A	-0.5	0.00	3.79	62.39	33.82	7.08	1.79	-0.04	0.78	pelite	fango	fango
56B	-2.5	0.00	51.41	40.84	7.75	4.57	1.49	0.70	1.47	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
56C	-5.0	0.00	3.23	63.91	32.86	7.06	1.76	0.01	0.77	pelite	fango	fango
56D	-7.5	0.00	20.47	51.31	28.22	6.35	2.13	0.09	0.60	pelite sabbiosa	fango sabbioso	fango sabbioso
56E	-10.0	0.00	2.94	65.55	31.51	6.98	1.79	0.02	0.76	pelite	limo	fango
56F	-12.5	0.00	3.87	60.68	35.45	7.13	1.79	-0.07	0.77	pelite	fango	fango
58A	-0.5	0.01	67.58	27.42	4.99	4.00	1.15	0.57	2.32	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
58B	-2.5	0.00	61.82	27.69	10.49	4.69	1.82	0.76	1.10	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
58C	-5.0	0.00	1.72	63.38	34.90	7.20	1.69	-0.04	0.78	pelite	fango	fango
58D	-7.5	0.41	9.35	60.21	30.03	6.67	1.99	0.02	0.72	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
58E	-10.0	0.00	0.21	52.98	46.81	7.71	1.47	-0.18	0.73	pelite	fango	fango
58F	-12.5	0.00	4.19	66.97	28.84	6.72	1.86	0.15	0.72	pelite	limo	limo
58G	-15.0	0.00	4.52	59.80	35.68	7.05	1.86	-0.08	0.73	pelite	fango	fango
60A	-0.5	0.01	88.23	9.90	1.86	3.40	0.66	0.24	1.77	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
60B	-2.5	0.00	73.07	20.10	6.83	4.19	1.43	0.71	2.80	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
60C	-5.0	0.00	39.95	39.04	21.01	5.77	2.14	0.33	0.64	pelite molto sabbiosa	fango molto sabbioso	fango sabbioso
60D	-7.5	0.00	5.57	69.35	25.08	6.53	1.85	0.19	0.75	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
60E	-10.0	0.00	13.38	62.94	23.68	6.24	1.98	0.20	0.68	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
60F	-12.5	0.00	2.42	60.74	36.84	7.23	1.73	-0.09	0.78	pelite	fango	fango
60G	-15.0	0.00	7.83	62.92	29.25	6.63	1.96	0.10	0.69	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
60H	-17.0	0.00	54.38	38.31	7.31	4.59	1.38	0.79	2.03	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
62A	-0.5	5.25	80.63	10.32	3.80	2.44	2.10	-0.14	1.65	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
62B	-2.5	2.36	86.98	8.10	2.56	2.48	1.62	-0.10	1.54	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
62C	-5.0	2.23	78.12	14.79	4.86	3.60	1.59	0.37	3.76	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
62D	-7.5	0.00	3.81	65.18	31.01	6.93	1.81	0.07	0.77	pelite	limo	limo
62E	-10.0	0.00	4.52	63.78	31.70	6.90	1.86	0.03	0.74	pelite	limo	limo
62F	-12.5	0.00	7.16	59.65	33.19	6.92	1.92	-0.06	0.75	pelite sabbiosa	fango sabbioso	fango
62G	-15.0	0.00	8.83	64.25	26.92	6.54	1.95	0.13	0.73	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
62H	-17.0	0.01	23.70	59.58	16.71	5.66	1.91	0.47	0.79	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
65A	-0.2	0.10	88.55	9.24	2.11	3.13	0.92	0.12	2.40	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
65B	-2.5	0.06	73.17	18.77	8.00	4.01	1.77	0.78	1.78	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
65C	-5.0	0.66	91.04	6.35	1.95	2.98	0.69	0.47	2.62	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
65D	-7.5	0.00	52.14	40.43	7.43	4.54	1.42	0.73	1.83	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
65E	-10.0	0.00	27.38	58.12	14.50	5.43	1.88	0.55	0.91	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
65F	-12.5	0.00	3.72	65.76	30.52	6.86	1.83	0.11	0.74	pelite	limo	limo
65G	-15.0	0.00	6.75	65.33	27.92	6.63	1.92	0.15	0.73	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
65H	-17.5	0.00	12.44	62.47	25.09	6.32	2.01	0.20	0.68	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
65I	-20.0	0.00	39.75	46.90	13.35	5.23	1.85	0.66	0.93	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso

campioni	quota dal top carota	% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	PARAMETRI STATISTICI				CLASSIFICAZIONI		
						Mz	Sd	Sk	Kg	Nota (1958)	Tortora (1999)	Folk (1954)
27A	0.0	5.31	82.76	9.18	2.75	2.56	1.94	-0.34	1.57	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
27B	-2.5	2.86	85.67	8.43	3.04	3.14	1.35	-0.01	3.13	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
27C	-5.0	0.03	42.03	45.21	12.73	5.19	1.91	0.51	0.88	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
27D	-7.5	0.00	12.08	62.76	25.16	6.41	1.99	0.10	0.72	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
27E	-10.0	0.00	7.51	61.91	30.58	6.76	1.95	0.02	0.73	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
27F	-11.5	0.00	17.02	63.16	19.82	6.03	1.97	0.21	0.76	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
24A	-1.5	1.93	93.09	3.74	1.24	2.60	1.05	-0.42	1.39	sabbia	sabbia	sabbia
24A'	-0.3	4.71	73.87	15.76	5.66	2.79	2.56	0.05	1.45	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
24B	-2.5	0.10	64.34	25.16	10.40	4.45	1.96	0.75	1.07	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
24C	-5.0	0.00	93.73	4.62	1.65	3.15	0.43	0.21	1.86	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
24D	-7.5	0.00	92.50	5.21	2.29	3.16	0.66	0.33	3.34	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
24E	-10.0	0.00	11.32	68.48	20.20	6.00	1.90	0.40	0.73	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
24F	-12.5	0.00	9.37	61.44	29.19	6.66	1.98	0.04	0.73	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
15A	-0.5	0.63	75.84	15.52	8.01	3.97	1.82	0.67	2.62	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia fangosa
15B	-2.5	0.02	69.09	21.86	9.03	4.30	1.83	0.76	1.34	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
15C	-5.0	0.09	71.02	21.24	7.65	4.23	1.66	0.81	1.71	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
15D	-7.5	0.00	77.30	19.36	3.34	3.78	0.85	0.57	2.87	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
15E	-10.0	0.00	4.84	57.58	37.58	7.18	1.83	-0.15	0.78	pelite	fango	fango
15F	-12.5	0.00	3.11	60.17	36.72	7.14	1.81	-0.10	0.74	pelite	fango	fango
13A	-0.5	0.21	72.13	20.27	7.39	4.12	1.72	0.67	1.89	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
13B	-2.5	2.02	83.08	10.84	4.06	2.92	1.69	0.04	3.10	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
13C	-5.0	0.81	75.48	16.62	7.09	3.98	1.63	0.69	2.65	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
13D	-7.5	0.00	70.07	21.23	8.70	4.33	1.76	0.77	1.48	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
13E	-10.0	0.00	58.55	29.00	12.45	4.89	1.94	0.75	0.92	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
13F	-12.5	0.00	1.17	59.82	39.01	7.38	1.64	-0.11	0.77	pelite	fango	fango
13G	-15.0	0.00	25.92	59.90	14.18	5.43	1.82	0.60	0.90	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
17A	-0.1	1.62	84.20	10.74	3.44	2.89	1.56	0.05	3.12	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
17B	-2.5	1.84	92.00	4.28	1.88	2.91	0.75	0.16	2.82	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
17C	-5.0	0.09	68.44	22.74	8.73	4.28	1.79	0.77	1.39	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
17D	-7.5	0.01	72.72	20.56	6.71	4.06	1.58	0.74	1.99	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
17E	-10.0	0.01	42.91	44.97	12.11	5.10	1.91	0.52	0.89	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
17F	-12.5	0.00	3.63	57.42	38.95	7.30	1.75	-0.15	0.80	pelite	fango	fango
19A	-0.5	0.20	85.58	11.92	2.30	3.25	0.89	0.40	2.22	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
19B	-2.5	0.06	81.75	13.09	5.10	3.47	1.33	0.57	3.25	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
19C	-5.0	0.01	91.77	5.91	2.31	3.00	0.79	0.42	2.75	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
19D	-7.8	0.05	79.18	15.60	5.17	3.77	1.30	0.72	3.57	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
19E	-10.0	0.34	86.09	9.81	3.76	2.95	1.49	0.07	3.39	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
19F	-12.5	0.00	4.65	64.41	30.94	6.89	1.85	0.00	0.76	pelite	limo	limo
19G	-15.0	0.00	5.28	65.30	29.42	6.79	1.86	0.05	0.76	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
21A	-0.5	3.01	81.69	10.77	4.53	2.27	2.06	0.22	2.14	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
21B	-2.5	0.47	97.68	1.48	0.37	1.64	0.70	0.13	1.08	sabbia	sabbia	sabbia
21C	-5.0	5.09	82.51	8.33	4.07	1.83	1.97	0.28	2.75	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
21D	-7.5	0.24	74.80	18.36	6.60	4.04	1.54	0.73	2.70	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
21E	-10.0	0.00	87.84	8.91	3.25	3.37	0.90	0.45	3.31	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
21F	-12.5	0.00	39.01	51.47	9.52	4.94	1.68	0.46	1.09	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
21G	-15.0	0.00	24.08	52.62	23.30	6.05	2.07	0.28	0.62	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
21H	-17.5	0.00	13.17	52.70	34.13	6.77	2.07	-0.14	0.69	pelite sabbiosa	fango sabbioso	fango sabbioso

Tab. 1. Parametri statistici e classificazione dei sedimenti derivanti dalle analisi granulometriche condotte sui campioni prelevati dai sondaggi esaminati. Le sigle dei parametri si riferiscono al diametro medio (Mz), alla classazione (Sd), alla asimmetria (Sk) e all'appuntimento (Kg).

campioni	PARAMETRI STATISTICI				CLASSIFICAZIONI						
	% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	Mz	Sd	Sk	Kg	Nota (1958)	Tortora (1959)	Folk (1954)
FG11(0)	0.00	20.07	72.26	7.67	4.95	1.39	0.37	1.62	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FG11(4)	0.00	1.11	62.28	36.61	7.32	1.62	-0.05	0.78	pelite	fango	fango
FG11(8)	0.00	6.82	63.92	29.26	6.70	1.95	0.05	0.72	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
FG11(12)	0.00	2.81	65.48	31.71	6.93	1.80	0.07	0.72	pelite	limo	limo
FG11(16)	0.00	2.77	61.06	36.17	7.17	1.77	-0.10	0.78	pelite	fango	fango
FG11(20)	0.00	8.72	65.84	25.44	6.49	1.95	0.12	0.74	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
FG11(25)	0.00	8.51	69.56	21.93	6.28	1.89	0.23	0.75	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
FG5(0)	0.00	11.96	51.24	36.80	7.07	2.02	-0.24	0.93	pelite sabbiosa	fango sabbioso	fango sabbioso
FG5(3)	0.00	46.74	46.46	6.80	4.49	1.45	0.58	1.69	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
FG5(6)	0.00	13.18	67.85	18.97	6.01	1.90	0.28	0.77	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FG5(10)	0.00	13.54	62.89	23.57	6.22	2.02	0.22	0.69	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FG4(0)	0.00	14.84	58.23	26.93	6.44	2.12	0.01	0.77	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FG4(4)	0.00	3.23	65.11	31.66	6.98	1.81	0.00	0.77	pelite	limo	limo
FG4(8)	0.00	4.68	65.43	29.89	6.82	1.87	0.04	0.75	pelite	limo	limo
FG4(12)	0.00	4.33	63.38	32.29	6.95	1.86	-0.02	0.75	pelite	fango	fango
FG4(17)	0.00	34.97	52.56	12.47	5.18	1.90	0.52	0.93	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
FG3(0)	2.93	87.51	7.29	2.27	2.66	1.11	0.20	1.67	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
FG3(4)	8.08	81.21	8.38	2.33	2.63	1.66	-0.24	3.09	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FG3(8)	0.00	19.15	56.50	24.35	6.20	2.17	0.08	0.72	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FG3(12)	0.00	4.99	60.45	34.56	7.00	1.88	-0.05	0.74	pelite	fango	fango
FG3(16)	0.00	2.80	65.29	31.91	7.01	1.78	0.03	0.78	pelite	limo	limo
FG3(20)	0.00	20.46	63.39	16.15	5.69	1.92	0.37	0.83	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FG3(25)	0.00	9.10	68.47	22.43	6.31	1.91	0.19	0.75	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
FG2(0)	0.10	83.06	13.88	2.96	3.17	1.15	0.41	2.01	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FG2(4)	0.37	81.36	13.71	4.56	3.18	1.51	0.45	2.59	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FG2(8)	0.00	82.57	13.79	3.64	3.28	1.15	0.51	2.29	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FG2(12)	0.00	4.67	59.62	35.71	7.13	1.82	-0.11	0.80	pelite	fango	fango
FG2(16)	0.00	2.00	62.41	35.59	7.22	1.70	-0.05	0.79	pelite	fango	fango
FG2(20)	0.00	27.47	60.48	12.05	5.28	1.80	0.52	0.98	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FG2(25)	0.00	40.56	51.41	8.03	4.75	1.57	0.61	1.40	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
FGA1(3)	0.69	59.67	25.59	14.05	4.33	2.53	0.63	0.80	pelite molto sabbiosa	fango molto sabbioso	sabbia fangosa
FGA1(5)	11.41	82.55	4.10	1.94	1.17	1.79	-0.20	1.40	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
FGA1(10)	0.74	90.12	6.93	2.21	2.70	0.98	0.26	2.18	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
FGA1(15)	0.00	66.62	25.52	7.86	4.16	1.82	0.67	1.29	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
FGA1(20)	0.00	4.08	68.93	26.99	6.62	1.86	0.17	0.71	pelite	limo	limo
FGA1(25)	0.00	19.03	56.47	24.50	6.21	2.15	0.11	0.69	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FGA1(28)	0.00	27.58	57.82	14.60	5.52	1.95	0.35	0.86	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FGA2(3)	2.76	85.88	8.01	3.35	1.90	1.52	0.36	3.28	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FGA2(5)	0.93	70.85	20.13	8.09	3.36	2.37	0.64	1.20	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FGA2(10)	0.00	87.28	9.98	2.74	2.54	1.12	0.52	2.17	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FGA2(15)	0.00	63.87	28.77	7.36	4.18	1.77	0.59	1.43	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
FGA2(20)	0.00	5.54	61.36	33.10	6.94	1.90	-0.06	0.74	pelite sabbiosa	fango sabbioso	fango
FGA3(3)	0.07	69.51	21.66	8.76	3.56	2.37	0.68	0.99	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
FGA3(5)	0.27	94.70	3.41	1.62	1.78	0.78	0.25	2.22	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
FGA3(10)	0.84	91.82	5.31	2.03	2.50	0.99	0.08	2.02	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
FGA3(15)	0.00	65.06	24.18	10.76	4.30	2.10	0.71	1.05	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
FGA3(20)	0.00	23.65	58.73	17.62	5.70	2.00	0.36	0.78	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FGA3(25)	0.00	17.62	63.57	18.81	5.95	1.99	0.22	0.81	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FGA4(3)	0.78	88.51	7.72	2.99	2.15	1.17	0.59	2.84	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FGA4(5)	0.45	96.73	2.13	0.69	2.03	0.54	0.30	1.30	sabbia	sabbia	sabbia
FGA4(10)	0.00	6.98	63.70	29.32	6.86	2.10	-0.06	1.07	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
FGA4(15)	0.00	28.33	52.00	19.67	5.65	2.19	0.31	0.72	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FGA4(20)	0.00	1.85	64.06	34.09	7.11	1.74	0.00	0.76	pelite	fango	fango
FGA4(25)	0.00	36.29	48.49	15.22	5.30	2.07	0.48	0.81	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
FGA5(3)	0.00	83.56	10.75	5.69	2.68	1.60	0.76	2.92	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia fangosa
FGA5(5)	0.38	85.62	10.29	3.71	2.35	1.43	0.62	2.58	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
FGA5(10)	0.02	69.67	23.31	7.00	3.90	1.83	0.57	1.65	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
FGA5(15)	0.81	56.03	31.36	11.80	4.23	2.76	0.29	0.99	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
FGA5(20)	0.00	18.59	59.95	21.46	6.06	2.04	0.19	0.70	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
FGA5(25)	0.00	8.04	63.40	28.56	6.75	1.93	0.01	0.81	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo

continua nella pagina successiva

Tab. 2. Parametri granulometrici relativi dell'indagine 2005-06, con classificazione del sedimento secondo gli schemi di Folk (1954), Nota (1957) e Tortora (1999). Le sigle Mz, Sd, Sk, Kg si riferiscono ai parametri diametro medio, classazione, asimmetria e appuntimento (Folk e Ward, 1957). I campioni sono nominati in riferimento al sondaggio di appartenenza e alla quota di prelievo (in parentesi) rispetto al top carota.

campioni	PARAMETRI STATISTICI				CLASSIFICAZIONI						
	% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	Mz	Sd	Sk	Kg	Nota (1958)	Tortora (1959)	Folk (1954)
8B(4)	0.00	77.26	15.68	7.06	3.36	1.92	0.67	1.90	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
8B(10)	0.00	47.69	43.02	9.29	4.56	1.93	0.43	1.35	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
8B(15)	0.00	69.56	21.15	9.29	4.12	1.96	0.72	1.32	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
8B(20)	0.00	14.34	51.63	34.03	6.71	2.16	-0.15	0.68	pelite sabbiosa	fango sabbioso	fango sabbioso
7B(5)	0.23	94.22	3.89	1.66	2.24	0.71	0.35	1.47	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia
7B(7.5)	0.00	60.85	30.29	8.86	4.30	1.93	0.63	1.09	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
7B(13.4)	0.00	0.00	53.56	46.44	7.81	1.30	-0.10	0.78	pelite	fango	fango
7B(20)	0.00	38.14	47.68	14.18	5.21	2.01	0.55	0.88	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
7B(25)	0.00	38.12	39.42	22.46	5.71	2.28	0.30	0.62	pelite molto sabbiosa	fango molto sabbioso	fango sabbioso
6(5)	0.00	69.52	23.04	7.44	3.91	1.85	0.63	1.53	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
6(10)	0.00	4.92	64.27	30.81	7.05	1.76	-0.01	0.89	pelite	limo	limo
6(16.4)	0.00	7.02	62.92	30.06	6.74	1.95	0.02	0.73	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
6(20)	0.00	23.80	51.68	24.52	6.14	2.20	0.07	0.65	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
6(25)	0.00	17.36	59.54	23.10	6.17	2.06	0.15	0.68	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
5(5)	0.00	35.48	54.03	10.49	4.87	2.03	0.32	1.19	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
5(10)	0.00	70.17	22.29	7.54	3.98	1.83	0.67	1.52	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
5(15)	0.00	70.96	17.54	11.50	4.22	2.09	0.75	1.43	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia fangosa
5(20)	0.00	69.65	23.10	7.25	4.03	1.71	0.62	1.86	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
5(25)	0.00	0.03	56.87	43.10	7.60	1.50	-0.13	0.75	pelite	fango	fango
4(5)	0.02	73.45	17.17	9.36	3.60	2.27	0.70	1.30	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia fangosa
4(10)	0.00	69.93	21.19	8.88	4.01	1.93	0.69	1.48	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
4(15)	0.00	66.14	24.80	9.06	4.15	1.97	0.69	1.18	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	sabbia limosa
4(20)	0.00	33.78	44.54	21.68	5.77	2.27	0.21	0.65	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
4(25)	0.00	6.84	68.39	24.77	6.45	1.91	0.17	0.71	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo
3(5)	1.55	84.36	9.09	5.00	2.48	1.44	0.57	2.76	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia fangosa
3(11)	0.00	69.15	20.15	10.70	4.11	2.10	0.72	1.26	pelite molto sabbiosa	fango molto sabbioso	sabbia fangosa
3(14)	0.00	84.33	9.68	5.99	3.02	1.37	0.58	3.15	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia fangosa
3(20)	0.00	65.79	22.45	11.76	4.39	2.16	0.73	1.02	pelite molto sabbiosa	fango molto sabbioso	sabbia fangosa
3(25)	0.00	20.25	57.82	21.93	5.99	2.10	0.24	0.70	pelite sabbiosa	limo sabbioso	limo sabbioso
2C(5)	0.00	69.52	20.11	10.37	4.81	2.30	0.73	1.04	pelite molto sabbiosa	fango molto sabbioso	sabbia fangosa
2C(10)	0.00	67.14	18.92	13.94	4.42	2.32	0.75	0.98	pelite molto sabbiosa	fango molto sabbioso	sabbia fangosa
2C(15)	0.00	75.94	16.01	8.05	3.74	1.95	0.73	2.06	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia fangosa
2C(20)	0.00	75.95	17.08	6.97	3.74	1.71	0.70	2.11	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
2C(25)	0.00	3.72	66.65	29.63	6.84	1.82	0.07	0.75	pelite	limo	limo
2F(5)	0.20	93.79	3.52	2.49	2.13	0.74	0.55	2.10	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia
2F(10)	0.07	49.49	25.68	24.76	4.80	3.16	0.26	0.57	pelite molto sabbiosa	fango molto sabbioso	fango sabbioso
1(5)	0.00	94.39	3.22	2.39	1.92	0.70	0.48	2.79	sabbia pelitica	sabbia fangosa	sabbia
1(10)	1.42	87.08	8.27	3.23	2.02	1.53	0.31	2.55	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
1(15)	3.10	79.73	11.70	5.47	1.91	2.48	0.36	1.38	sabbia pelitica	sabbia limosa	sabbia limosa
1(20)	0.00	48.82	36.62	14.56	4.86	2.31	0.48	0.84	pelite molto sabbiosa	limo molto sabbioso	limo sabbioso
1(25)	0.00	0.05	58.96	40.99	7.59	1.44	-0.07	0.77	pelite	fango	fango

6.2.1. Sezione sud

Include i 5 sondaggi (38 campioni) eseguiti espressamente per questo studio e i 19 sondaggi (101 campioni) dell'indagine geologica 2005-06. I cinque sondaggi sono costituiti secondo Nota (1958) da sabbia pelitica (8 campioni), pelite molto sabbiosa (7), pelite sabbiosa (11) e pelite (12), mentre la sabbia risulta essere assente. L'altra classificazione identifica le seguenti tessiture: sabbia limosa (8 campioni), limo molto sabbioso (6), fango molto sabbioso (1), limo sabbioso (9), fango sabbioso (2), limo (5), fango (7); la sabbia è assente così come le quattro tessiture di questa classificazione ad argilla prevalente sul limo (>2/3). Per entrambe le classificazioni, le tessiture ricche in sabbia (sabbia pelitica, sabbia limosa) sono esclusivi della porzione sommitale dei carotaggi 60, 62, 65. Più in generale si osserva che il sedimento dei 5 sondaggi non presenta anomalie rispetto alla variabilità sedimentologica degli altri 19 carotaggi (Fig. 14 e 15).

SEZIONE SUD

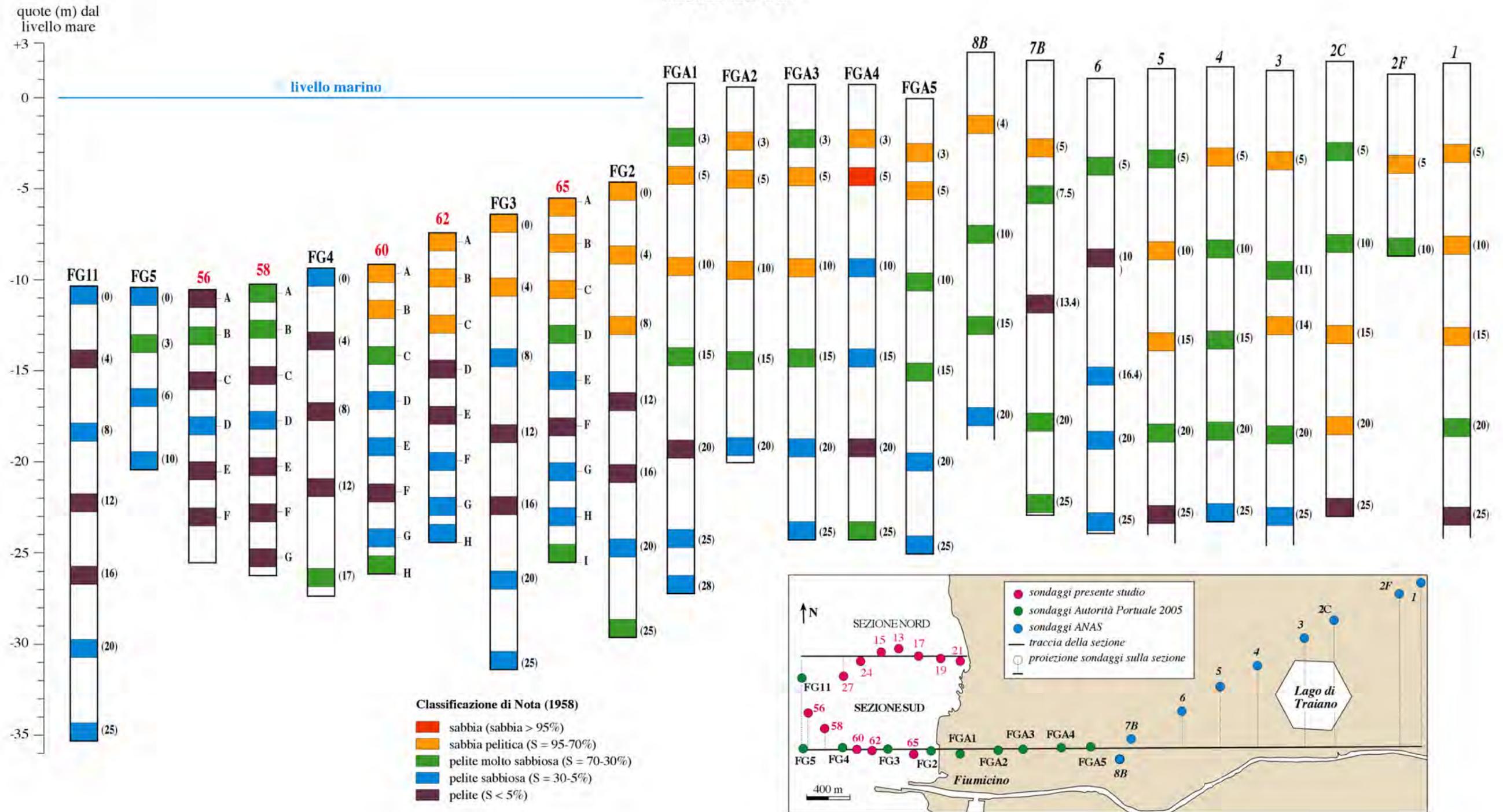


Fig. 14. Tipi di sedimento lungo la **sezione sud** classificati con lo schema binario di Nota (1958). I carotaggi con sigla in rosso sono quelli del presente studio mentre gli altri si riferiscono all'indagine geologica 2005-06. La sigla dei campioni si ottiene associando il nome del sondaggio con la lettera a fianco del livello campionato (o con il numero tra parentesi per i sondaggi 2005-06). Tutti i sondaggi sono allineati in modo equispaziato contrariamente alla loro reale ubicazione geografica (visibile nella mappa a destra).

SEZIONE SUD

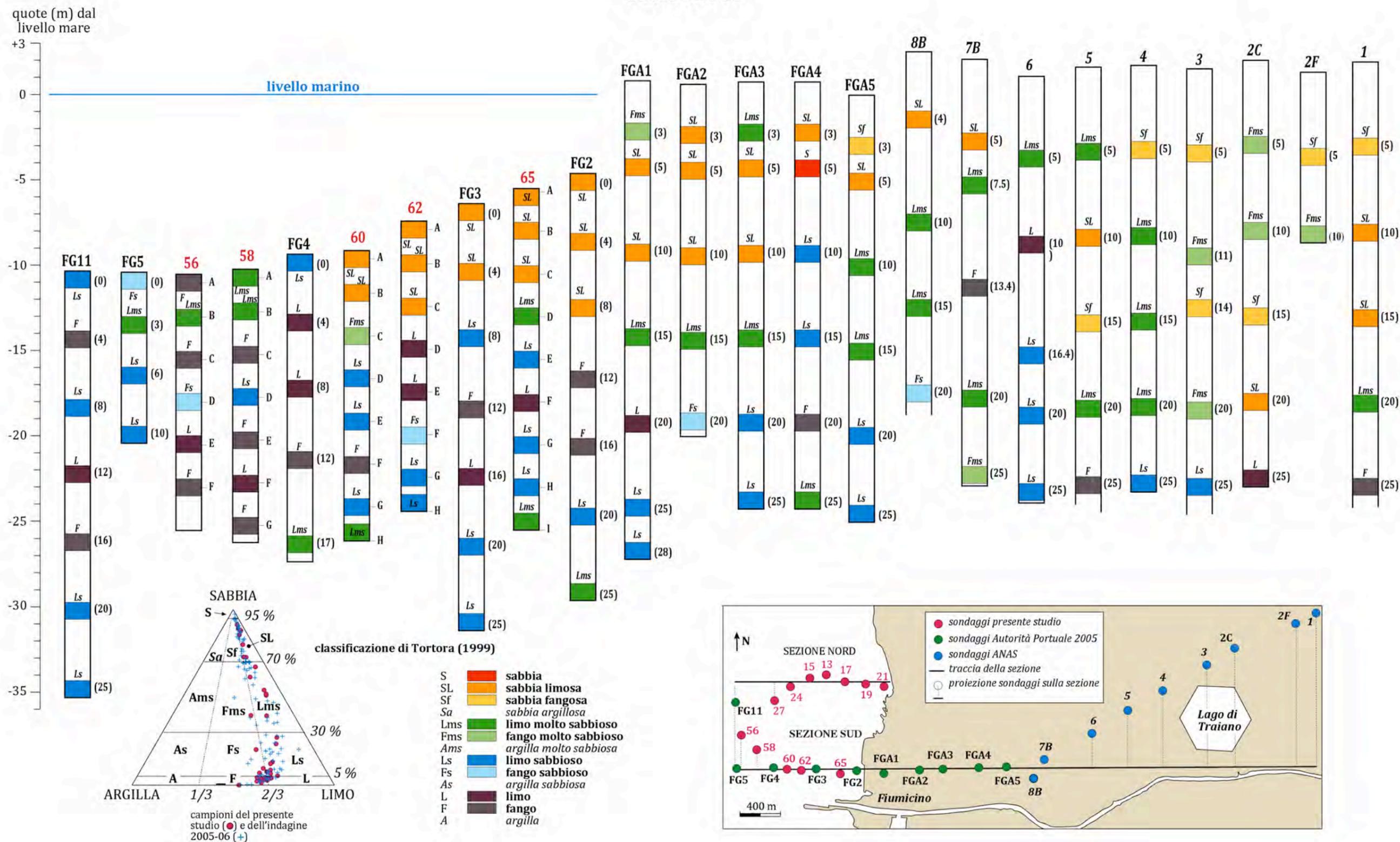


Fig. 15. Tipi di sedimento lungo la **sezione sud** classificati con lo schema triangolare di Tortora (1999). I carotaggi con sigla in rosso sono quelli del presente studio mentre gli altri si riferiscono all'indagine geologica 2005-06. La sigla dei campioni si ottiene associando il nome del sondaggio con la lettera a fianco del livello campionato (o con il numero tra parentesi per i sondaggi 2005-06). Tutti i sondaggi sono allineati in modo equispaziato contrariamente alla loro reale ubicazione geografica (visibile nella mappa a destra).

Prendendo in esame la classificazione di Tortora (1999), che offre un maggior dettaglio rispetto a quella di Nota (1958) (13 tipologie di sedimenti contro i 5 di Nota), è possibile fare le seguenti considerazioni in riferimento all'intera sezione (Fig. 15).

(1) I campioni si distribuiscono nel diagramma triangolare secondo un allineamento accostato al lato sabbia-limo, indicando che la variabilità granulometrica dipende soprattutto da queste due componenti e molto meno dal rapporto limo-argilla.

(2) I sedimenti con alto tenore di sabbia (> 70%: tipi S, SL, Sf), con l'eccezione dei carotaggi marini più distanti dalla costa (FG11, FG5, 56, 58, FG4), si localizzano, principalmente, ad una profondità inferiore ai -13 m dal l.m. attuale; al di sotto, invece, diminuisce nettamente la componente sabbiosa, con presenza dei tipi Lms (sabbia 70-30%), Ls (30-5 %) nonché L e F a bassissimo contenuto sabbioso (< 5%).

(3) Nei sondaggi marini esterni (FG11, FG5, 56, 58, FG4) sono presenti, anche a quote stratigrafiche piuttosto superficiali, i sedimenti a bassa (30-5%) e bassissima percentuale (< 5%) di sabbia.

(4) Nei carotaggi più interni (serie 8B-1) si rileva la presenza diffusa, a tutte le quote stratigrafiche, dei tipi Lms e Fms a medio contenuto sabbioso (70-30%), mentre i tipi con maggiore (SL, Sf) e minore (Ls, Fs, L, F) quantità di sabbia tendono a prevalere rispettivamente al di sopra e al di sotto di -15 m dal livello marino attuale.

6.2.2. Sezione nord

Include i sette sondaggi (47 campioni) del presente studio e uno (in comune con la sezione sud e con 7 campioni) dell'indagine 2005-06. Secondo Nota (1958), gli 8 sondaggi sono costituiti da *sabbia* (2 campioni), *sabbia pelitica* (24), *pelite molto sabbiosa* (7), *pelite sabbiosa* (13) e *pelite* (8). La classificazione di Tortora (1999) identifica sedimenti con i seguenti caratteri tessiturali: *sabbia* (2 campioni), *sabbia limosa* (23), *sabbia fangosa* (1), *limo molto sabbioso* (7), *limo sabbioso* (12), *fango sabbioso* (1), *limo* (2), *fango* (6). Per entrambe le classificazioni, i sedimenti più ricchi in sabbia (*sabbia*, *sabbia pelitica*, *sabbia limosa*, *sabbia fangosa*) sono esclusivi della porzione sommitale dei carotaggi (con l'eccezione di F11), mentre al di sotto di -15 m dal l.m. attuale i sedimenti sono costituiti, prevalentemente da limo e fango prevalente (Fig. 16 e 17). Più in generale si osserva una buona similitudine sedimentologica tra questa sezione e la parte marina della sezione sud.

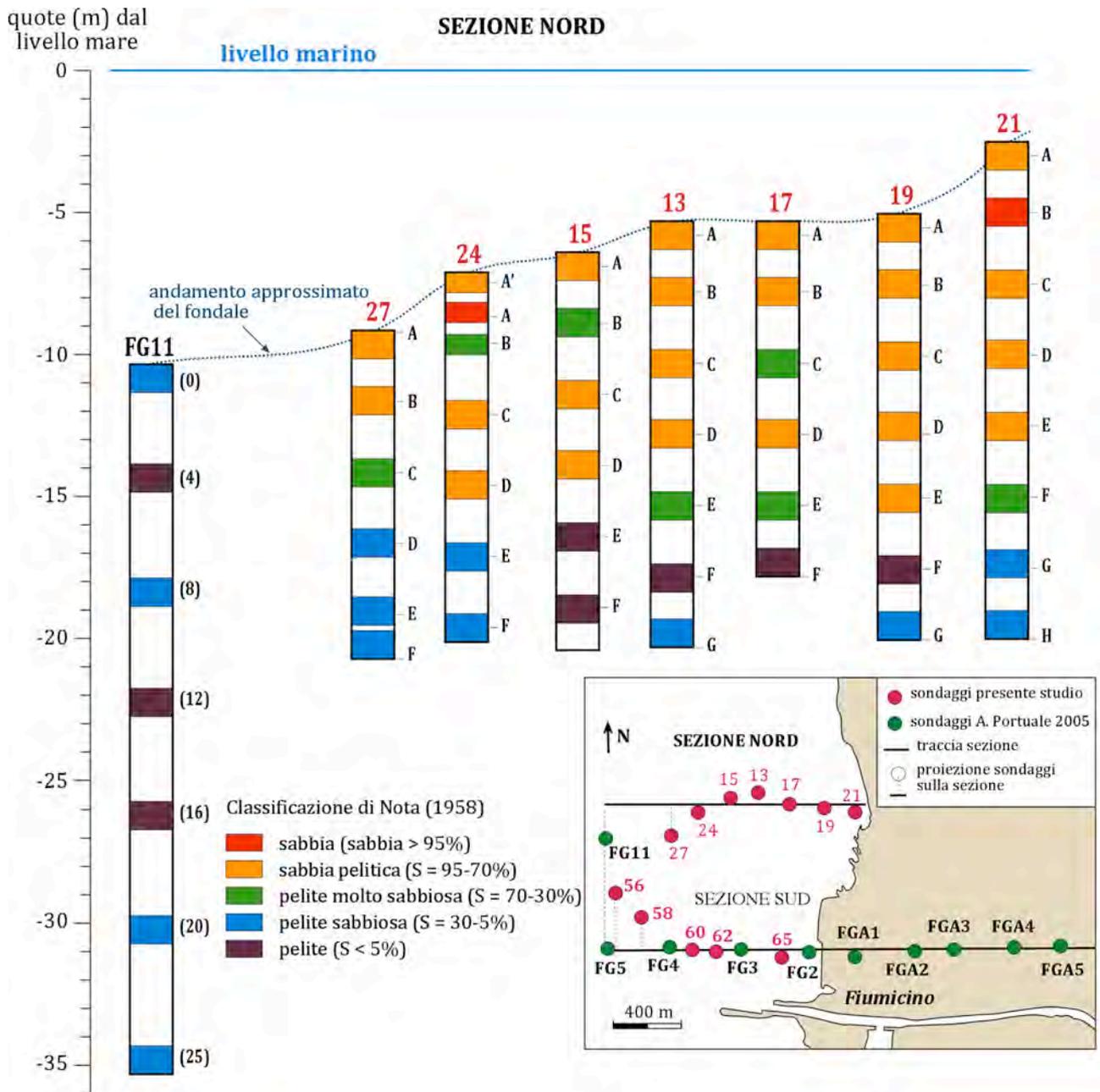


Fig. 16. Tipi di sedimento presenti lungo i sondaggi della sezione nord classificati con lo schema binario di Nota (1958).

SEZIONE NORD

quote (m) dal livello mare

livello marino

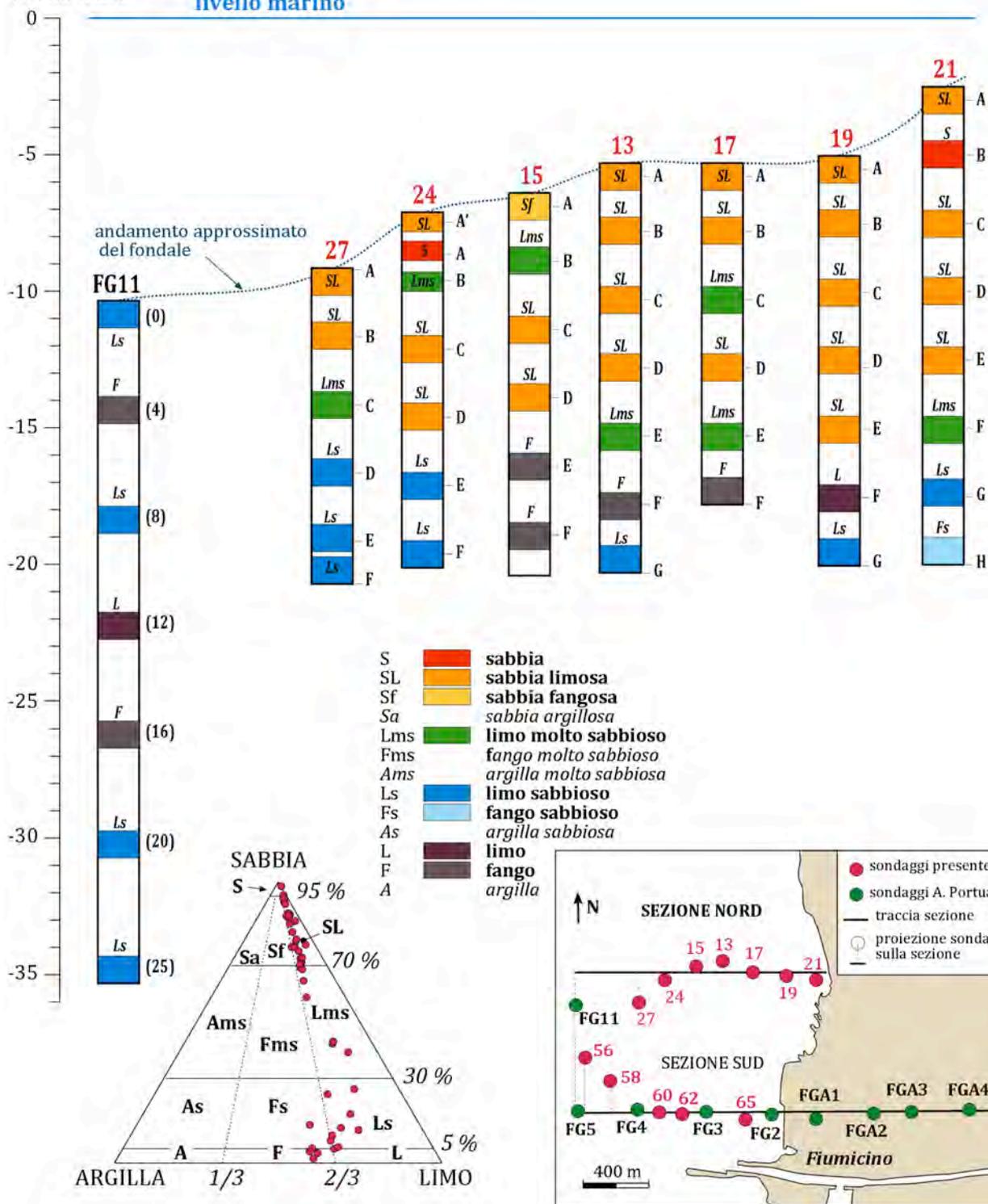


Fig.17. Tipi di sedimento lungo la sezione nord classificati con lo schema ternario di Tortora (1999).

6.3. Stime paleo-batimetriche

6.3.1 Metodo

L'indagine paleo-batimetrica ha utilizzato per le stime della paleo-profondità dei sedimenti il diagramma di Tortora (1995). Questo Autore identifica sul delta sottomarino attuale del F. Tevere sei intervalli batimetrici, ciascuno caratterizzato da processi deposizionali peculiari e da sedimenti con differenti dimensioni granulometriche. Le stime qui fornite desumono la paleo-batimetria dei livelli campionati estrapolandola dai tipi di sedimento presenti oggi sui citati sei intervalli di profondità. L'estrapolazione trova conforto in tutti gli studi stratigrafico-sedimentologici condotti fin ora sul delta del Tevere e che vedono questi sedimenti come il prodotto dell'ultima fase di progradazione del Tevere che si è andata sviluppando negli ultimi 6000 anni (Milli et al., 2013 con riferimenti bibliografici). L'attendibilità delle stime è stata comunque di volta in volta valutata alla luce dell'indagine geologica 2005-06, particolarmente del quadro stratigrafico-temporale che ne è derivato e dalle informazioni paleo-ecologiche fornite dalla microfauna, oltre, naturalmente, ai dati che sono stati elaborati in questa ultima campagna di indagini.

Nella pratica, le stime hanno utilizzato, come parametro fondamentale, il diametro medio (Mz) dei sedimenti campionati, in quanto considerato un buon indicatore del battente d'acqua al momento della deposizione. Per ciascun valore Mz il diagramma ha restituito la probabilità che il relativo sedimento si sia depositato sui sei intervalli batimetrici menzionati (0-5 m, 5-10, 10-25, 25-75, 75-110, 110-150 m). Tali probabilità sono riportate in tabella (Fig. 18 e 19) con evidenza (in rosso e blu) della probabilità massima e secondaria spettante ad ogni campione (quest'ultima segnalata solo se \geq di 1/3 rispetto alla massima). Nelle sezioni di delle figure 18 e 19, riferimenti appropriati consentono di distinguere gli intervalli paleo-batimetrici cui competono le due probabilità. La sezione sud, oltre ai 5 sondaggi eseguiti per questo studio, include anche quelli della precedente indagine 2005-06, le cui stime paleo-batimetriche sono riportate a parte in tabella 3.

6.3.2 Sezione sud

In figura 18, le stime di paleo-profondità relative alla probabilità massima indicano che quasi tutta la porzione stratigrafica superiore, posta al di sopra di -10, -15 m dal l.m. attuale, ha valori Mz compatibili con deposizioni avvenute sui primi tre intervalli batimetrici (0-5 m, 5-10 m, 10-25 m). Tale porzione include depositi costieri implicati nella progradazione

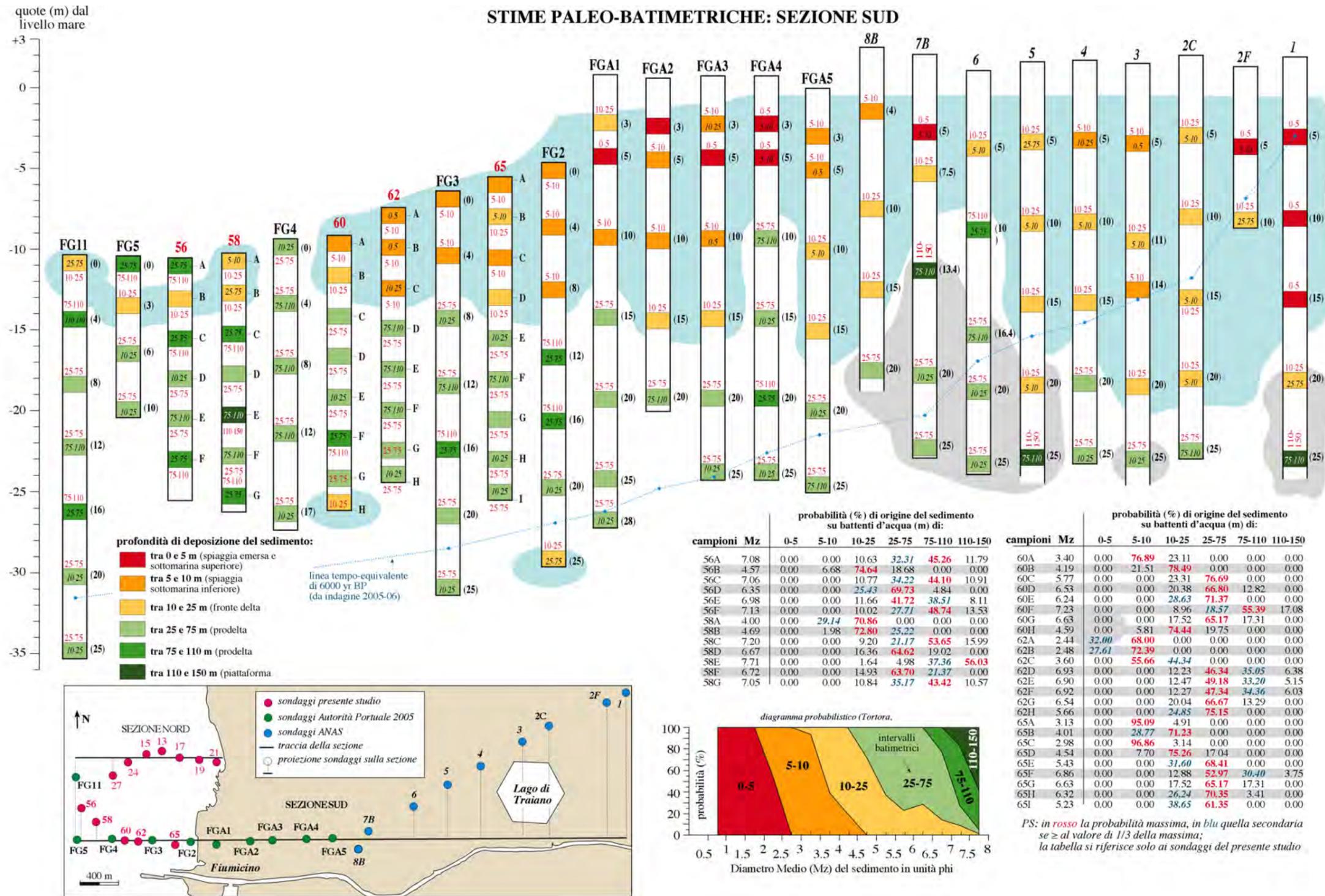


Fig. 18. Stime paleo-batimetriche lungo la sezione sud utilizzando il grafico probabilistico di Tortora (1995) e, come dati di ingresso i valori (ϕ) del Diametro Medio (Mz) dei campioni. Le stime esprimono le probabilità (%) che il sedimento prelevato dai sondaggi si sia depositato su sei intervalli batimetrici di riferimento. Tali probabilità sono riportate in tabella con evidenza in rosso e in blu delle probabilità massime e secondarie (se queste ultime \geq di 1/3 rispetto alle massime). Lungo i sondaggi, il colore dei livelli campionati e i valori in rosso identificano l'intervallo batimetrico con probabilità massima, mentre i valori in nero si riferiscono alla probabilità secondaria. Oltre ai sondaggi del presente studio (con sigla in rosso), la tavola include anche quelli dell'indagine geologica precedente (2005-06) e dell'indagine ANAS. Tutti i sondaggi sono allineati in modo equispaziato contrariamente alla loro reale ubicazione geografica (in basso a sinistra). L'area in grigio, nello sfondo di alcuni carotaggi ANAS, racchiude i sedimenti con stime non attendibili in quanto ritenuti (analisi microfaunistica dello studio 2005-06) di ambiente a circolazione ristretta di tipo lagunare o di baia. L'area in celeste, isola i sedimenti a granulometria compatibile con deposizioni costiere (stime tra 0 e -25 m). La linea tempo di 6000 anni BP separa il deposito del delta moderno dai sottostanti depositi trasgressivi.

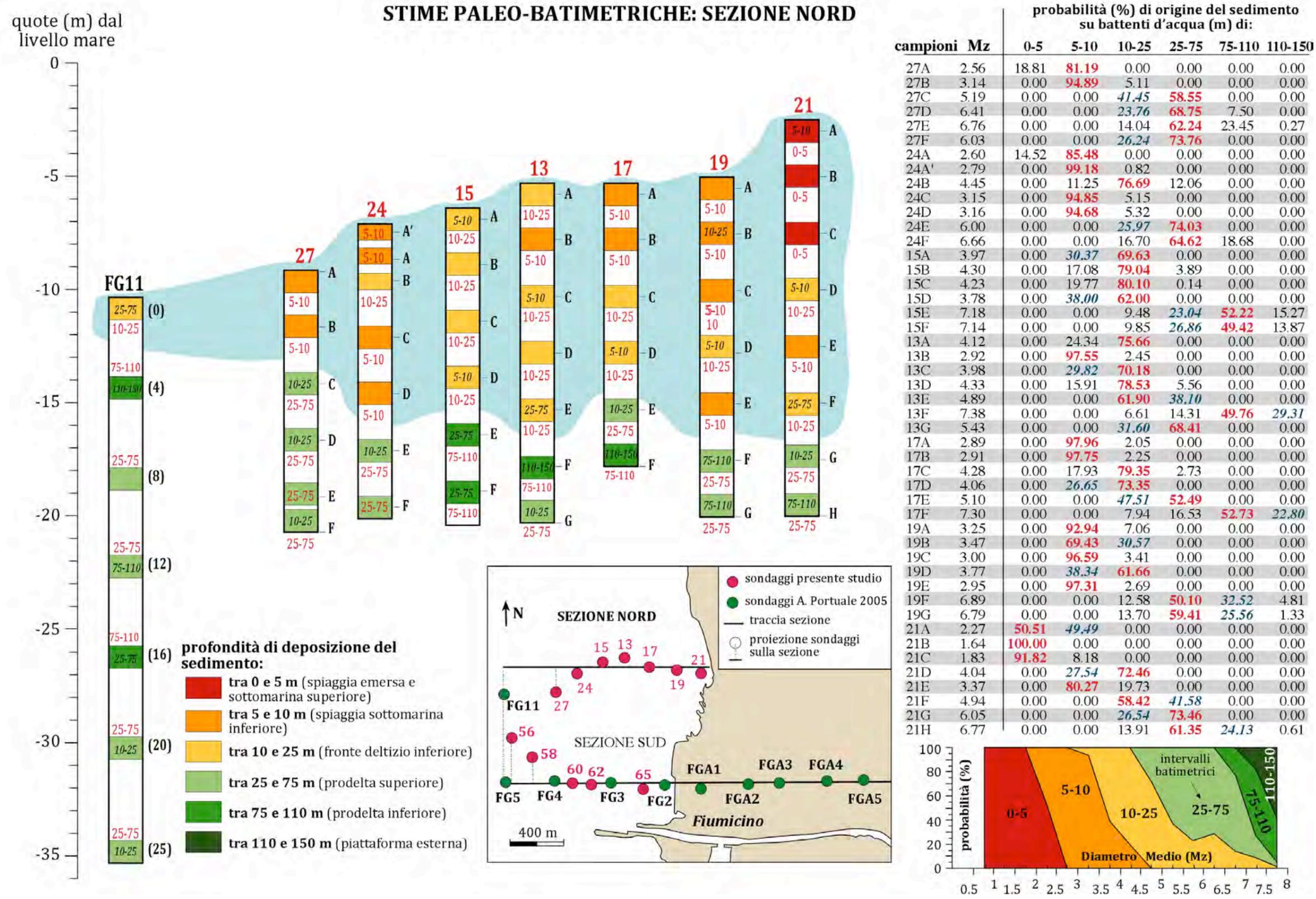


Fig. 19. Stime paleo-batimetriche lungo la sezione nord utilizzando il grafico probabilistico di Tortora (1995), in basso a destra, e come dati di ingresso i valori (ϕ) del Diametro Medio (Mz) dei campioni. Le stime esprimono le probabilità (%) che il sedimento prelevato dai sondaggi si sia depositato su sei intervalli batimetrici di riferimento. Tali probabilità sono riportate in tabella con evidenza in rosso e in blu delle probabilità massime e secondarie (queste ultime se $\geq 1/3$ rispetto alle massime). Lungo i sondaggi, il colore dei livelli e i valori in rosso identificano l'intervallo batimetrico con probabilità massima, mentre i valori in nero si riferiscono alla probabilità secondaria. L'area in celeste nel sottofondo dei carotaggi racchiude sedimenti a granulometria compatibile con deposizioni costiere (stime tra 0 e -25 m). La spiaggia sottomarina superiore e inferiore corrisponde al fronte deltizio superiore.

		probabilità (%) di origine del sedimento su battenti d'acqua (m) di:								probabilità (%) di origine del sedimento su battenti d'acqua (m) di:					
campioni Mz		0-5	5-10	10-25	25-75	75-110	110-150	campioni Mz		0-5	5-10	10-25	25-75	75-110	110-150
FG11(0)	4.95	0.00	0.00	58.91	<i>41.09</i>	0.00	0.00	FGA4(15)	5.65	0.00	0.00	<i>26.15</i>	73.85	0.00	0.00
FG11(4)	7.32	0.00	0.00	8.33	15.81	52.58	<i>23.28</i>	FGA4(20)	7.11	0.00	0.00	<i>10.92</i>	30.17	46.27	<i>12.64</i>
FG11(8)	6.70	0.00	0.00	16.09	64.37	19.54	0.00	FGA4(25)	5.30	0.00	0.00	<i>36.21</i>	63.79	0.00	0.00
FG11(12)	6.93	0.00	0.00	12.36	47.98	<i>33.63</i>	6.03	FGA5(3)	2.68	6.03	93.97	0.00	0.00	0.00	0.00
FG11(16)	7.17	0.00	0.00	10.06	<i>23.56</i>	52.01	14.37	FGA5(5)	2.35	43.39	56.61	0.00	0.00	0.00	0.00
FG11(20)	6.49	0.00	0.00	<i>22.41</i>	67.53	10.06	0.00	FGA5(10)	3.90	0.00	<i>33.33</i>	66.67	0.00	0.00	0.00
FG11(25)	6.28	0.00	0.00	<i>28.16</i>	70.40	1.44	0.00	FGA5(15)	4.23	0.00	20.40	79.60	0.00	0.00	0.00
FG5(0)	7.07	0.00	0.00	11.21	<i>33.33</i>	44.83	10.63	FGA5(20)	6.06	0.00	0.00	<i>26.72</i>	73.28	0.00	0.00
FG5(3)	4.49	0.00	10.06	77.30	12.64	0.00	0.00	FGA5(25)	6.75	0.00	0.00	14.66	62.93	<i>22.41</i>	0.00
FG5(6)	6.01	0.00	0.00	<i>26.15</i>	73.85	0.00	0.00	8B(4)	3.36	0.00	81.32	18.68	0.00	0.00	0.00
FG5(10)	6.22	0.00	0.00	<i>28.45</i>	71.55	0.00	0.00	8B(10)	4.56	0.00	7.18	75.58	17.24	0.00	0.00
FG4(0)	6.44	0.00	0.00	<i>23.56</i>	68.11	8.33	0.00	8B(15)	4.12	0.00	24.43	75.57	0.00	0.00	0.00
FG4(4)	6.98	0.00	0.00	12.07	42.53	<i>37.93</i>	7.47	8B(20)	6.71	0.00	0.00	15.52	63.79	20.69	0.00
FG4(8)	6.82	0.00	0.00	14.08	57.76	<i>26.15</i>	2.01	7B(5)	2.24	54.89	<i>45.11</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
FG4(12)	6.95	0.00	0.00	12.36	45.97	<i>35.06</i>	6.61	7B(7.5)	4.30	0.00	17.82	79.31	2.87	0.00	0.00
FG4(17)	5.18	0.00	0.00	<i>42.82</i>	57.18	0.00	0.00	7B(13.4)	7.81	0.00	0.00	1.21	2.90	<i>34.30</i>	61.59
FG3(0)	2.66	8.62	91.38	0.00	0.00	0.00	0.00	7B(20)	5.21	0.00	0.00	<i>40.80</i>	59.20	0.00	0.00
FG3(4)	2.63	10.63	89.37	0.00	0.00	0.00	0.00	7B(25)	5.71	0.00	0.00	23.85	76.15	0.00	0.00
FG3(8)	6.20	0.00	0.00	<i>28.16</i>	71.84	0.00	0.00	6(5)	3.91	0.00	0.00	67.24	0.00	0.00	0.00
FG3(12)	7.00	0.00	0.00	11.78	40.23	<i>39.37</i>	8.62	6(10)	7.05	0.00	0.00	11.21	36.20	42.25	10.34
FG3(16)	7.01	0.00	0.00	12.07	<i>39.37</i>	39.65	8.91	6(16.4)	6.74	0.00	0.00	16.09	60.98	<i>22.93</i>	0.00
FG3(20)	5.69	0.00	0.00	24.71	75.29	0.00	0.00	6(20)	6.14	0.00	0.00	<i>27.87</i>	72.13	0.00	0.00
FG3(25)	6.31	0.00	0.00	<i>27.30</i>	70.40	2.30	0.00	6(25)	6.17	0.00	0.00	<i>27.86</i>	72.14	0.00	0.00
FG2(0)	3.17	0.00	94.83	5.17	0.00	0.00	0.00	5(5)	4.87	0.00	0.00	64.37	<i>35.63</i>	0.00	0.00
FG2(4)	3.18	0.00	94.54	5.46	0.00	0.00	0.00	5(10)	3.98	0.00	0.00	70.11	0.00	0.00	0.00
FG2(8)	3.28	0.00	89.37	10.63	0.00	0.00	0.00	5(15)	4.22	0.00	0.00	79.31	0.00	0.00	0.00
FG2(12)	7.13	0.00	0.00	10.63	<i>27.01</i>	49.14	13.22	5(20)	4.03	0.00	0.00	71.55	0.00	0.00	0.00
FG2(16)	7.22	0.00	0.00	9.48	<i>20.41</i>	53.44	16.67	5(25)	7.60	0.00	0.00	4.31	7.76	<i>41.67</i>	46.26
FG2(20)	5.28	0.00	0.00	<i>36.78</i>	63.22	0.00	0.00	4(5)	3.60	0.00	0.00	<i>44.25</i>	0.00	0.00	0.00
FG2(25)	4.75	0.00	0.00	72.70	<i>27.30</i>	0.00	0.00	4(10)	4.01	0.00	0.00	71.26	0.00	0.00	0.00
FGA1(3)	4.33	0.00	16.67	78.84	4.89	0.00	0.00	4(15)	4.15	0.00	0.00	76.44	0.00	0.00	0.00
FGA1(5)	1.17	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4(20)	5.77	0.00	0.00	23.54	76.46	0.00	0.00
FGA1(10)	2.70	4.02	95.98	0.00	0.00	0.00	0.00	4(25)	6.45	0.00	0.00	<i>22.99</i>	67.53	9.48	0.00
FGA1(15)	4.16	0.00	23.28	76.72	0.00	0.00	0.00	3(5)	2.48	<i>27.87</i>	<i>27.87</i>	0.00	0.00	0.00	0.00
FGA1(20)	6.62	0.00	0.00	18.10	66.38	15.52	0.00	3(11)	4.11	0.00	0.00	75.00	0.00	0.00	0.00
FGA1(25)	6.21	0.00	0.00	<i>28.45</i>	71.55	0.00	0.00	3(14)	3.02	0.00	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00
FGA1(28)	5.52	0.00	0.00	<i>29.89</i>	70.11	0.00	0.00	3(20)	4.39	0.00	0.00	78.16	7.76	0.00	0.00
FGA2(3)	1.90	86.49	13.51	0.00	0.00	0.00	0.00	3(25)	5.99	0.00	0.00	<i>26.15</i>	73.85	0.00	0.00
FGA2(5)	3.36	0.00	81.32	18.68	0.00	0.00	0.00	2C(5)	3.81	0.00	0.00	63.22	0.00	0.00	0.00
FGA2(10)	2.54	21.55	78.45	0.00	0.00	0.00	0.00	2C(10)	4.42	0.00	0.00	76.44	9.77	0.00	0.00
FGA2(15)	4.18	0.00	22.41	77.59	0.00	0.00	0.00	2C(15)	3.74	0.00	0.00	58.91	0.00	0.00	0.00
FGA2(20)	6.94	0.00	0.00	12.36	46.84	<i>34.19</i>	6.61	2C(20)	3.74	0.00	0.00	58.91	0.00	0.00	0.00
FGA3(3)	3.56	0.00	60.06	<i>39.94</i>	0.00	0.00	0.00	2C(25)	6.84	0.00	0.00	13.22	56.03	<i>27.88</i>	2.87
FGA3(5)	1.78	97.13	2.87	0.00	0.00	0.00	0.00	2F(5)	2.13	65.80	65.80	0.00	0.00	0.00	0.00
FGA3(10)	2.50	26.72	73.28	0.00	0.00	0.00	0.00	2F(10)	4.80	0.00	0.00	68.39	<i>31.61</i>	0.00	0.00
FGA3(15)	4.30	0.00	17.82	79.31	2.87	0.00	0.00	1(5)	1.92	85.06	85.06	0.00	0.00	0.00	0.00
FGA3(20)	5.70	0.00	0.00	24.14	75.86	0.00	0.00	1(10)	2.02	75.57	75.57	0.00	0.00	0.00	0.00
FGA3(25)	5.95	0.00	0.00	<i>25.57</i>	74.43	0.00	0.00	1(15)	1.91	86.78	86.78	0.00	0.00	0.00	0.00
FGA4(3)	2.15	63.51	<i>36.49</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1(20)	4.86	0.00	0.00	64.66	<i>35.34</i>	0.00	0.00
FGA4(5)	2.0	74.14	<i>25.86</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1(25)	7.59	0.00	0.00	4.02	8.62	<i>42.25</i>	45.11
FGA4(10)	6.86	0.00	0.00	13.51	52.87	<i>30.17</i>	3.45								

Tab. 3. Stime paleo-batimetriche riferite ai sondaggi dello studio geologico 2005-06.

deltizia (avanzamento della costa) degli ultimi 2000 anni. Lo scenario costiero è confermato dall'indagine paleo-ecologica 2005-06, e le stime paleo-batimetriche si accordano sufficientemente con i principi geometrici che regolano la progradazione con stabilità del livello marino, risultando compatibili con le quote stratigrafiche (dal l.m. attuale) dei livelli campionati. Stime decisamente in eccesso riguardano solo la parte sommitale dei sondaggi FG11, FG5, 56, FG4 e il livello intermedio del carotaggio 6. L'area in celeste, sullo sfondo dei sondaggi (Fig. 18), accomuna i sedimenti dei primi tre intervalli batimetrici. Sul margine interno della sezione, tali sedimenti si ritrovano anche a quote relativamente profonde (sondaggi 5, 3, 2C e 1) ove sono presenti depositi trasgressivi al di sotto della linea-tempo di 6000 anni BP.

Nella porzione stratigrafica inferiore (con sfondo incolore) le stime forniscono paleobatimetrie nettamente maggiori (25-75 m e in subordine di 75-110 m) che però appaiono eccessive alla luce dell'assetto stratigrafico dei depositi, in gran parte connessi alla sedimentazione distale del delta in progradazione. Le sovrastime potrebbero dipendere dal forte afflusso sui paleofondali di sedimenti fini fluviali che, in zone deltizie non così prossime alla foce, si depongono normalmente a maggiori profondità (Bellotti e Tortora, 1995). Per questa porzione della sezione, considerazioni di tipo stratigrafico suggeriscono paleoprofondità più realisticamente comprese tra il livello di base delle onde (a scala millenaria) e - 30 m circa. L'area in grigio sullo sfondo di alcuni carotaggi (Fig. 18) identifica stime paleobatimetrie poco attendibili in quanto connesse a depositi di laguna o baia (analisi paleoecologica 2005-06) non contemplati nel diagramma di stima.

6.3.3 Sezione nord

Anche questa sezione stratigrafica è distinguibile in due porzioni (Fig. 19), che ben si correlano lateralmente con quelle della sezione sud. La porzione superiore (evidenziata dall'area in celeste) include granulometrie compatibili con i primi tre intervalli granulometrici. Trattasi di sedimenti depositi sotto l'influenza del moto ondoso durante la progradazione del delta moderno. La porzione inferiore è invece riferibile a paleobatimetrie (intervalli 25-75 m e subordinatamente di 75-110 m) che risultano eccessive così come riscontrato per la sezione sud. Il contesto stratigrafico suggerisce profondità di deposizione verosimilmente comprese tra il livello di base del moto ondoso e 20, 30 m di battente d'acqua.

7. DATAZIONI RADIOCARBONIO, PALEO-FONDALI E AMBIENTI DEPOSIZIONALI

7.1. Dati cronologici

Al fine di integrare e ulteriormente confermare le indicazioni di natura cronologica e paleobatimetrica derivanti dalla campagna geologica del 2005/2006 sono state eseguite 13 datazioni 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 del Salento. Tutti i campioni analizzati erano costituiti da sedimenti ricchi in sostanza organica, di conseguenza, ai fini dell'estrazione di materiale utile per la datazione sono state avviate una serie di procedure di laboratorio volte ad individuare i macrocontaminanti esistenti per procedere alla loro eliminazione. Successivamente il materiale estratto è stato convertito in anidride carbonica e quindi in grafite, e da questa si è passati alla determinazione sperimentale dell'età. In prima istanza, per ogni campione, è stata ricavata un'età convenzionale (non calibrata) recante l'indicazione dell'errore assoluto della misura; successivamente, per ogni campione, la datazione al radiocarbonio è stata quindi calibrata in età di calendario utilizzando il software OxCal Ver. 3-10 basato sui dati atmosferici (Reimer et al., 2013). I risultati della datazioni convenzionali e calibrate sono riportate in tabella 4; si rammenta che per convenzione le date BP (Before Present) hanno come riferimento l'anno 1950.

Codice campione	Codice CeDaD	Età Convenzionale (non calibrata)	Età Calibrata
S.56C.2	LTL14363A	10134 ± 100 BP	12150 – 11300 BP
S.56C.3	LTL14364A	5004 ± 45 BP	5900 – 5640 BP
S.56C.4	LTL14365A	4135 ± 45 BP	4830 – 4520 BP
S.58C.3	LTL14366A	4977 ± 45 BP	5890 – 5600 BP
S.58C.4	LTL14367A	4821 ± 45 BP	5650 – 5460 BP
S.58C.5	LTL14368A	3895 ± 40 BP	4430 – 4160 BP
S.60C.3	LTL14369A	5472 ± 45 BP	6400 – 6180 BP
S.60C.4	LTL14370A	4035 ± 45 BP	4800 – 4410 BP
S.62C.5	LTL14371A	2746 ± 45 BP	2950 – 2760 BP
S.62C.6	LTL14372A	4719 ± 45 BP	5590 – 5320 BP
S.65C.4	LTL14373A	4745 ± 45 BP	5590 – 5320 BP
S.65C.5	LTL14374A	4238 ± 45 BP	4880 – 4610 BP
S.67C.1	LTL14375A	4881 ± 40 BP	5720 – 5480 BP

Tab. 4. Riepilogo delle datazioni non calibrate e calibrate per i campioni della campagna geologica 2013-2014.

Queste datazioni sono state inoltre integrate 1) con altre quattro (Tab. 5) eseguite su alcuni campioni prelevati in sondaggi che non rientravano tra quelli esaminati nell'ambito del contratto di ricerca stipulato tra l'Autorità Portuale e il Dipartimento di Scienze della Terra della Sapienza e 2) confrontate con quelle eseguite nella precedente campagna di studio 2005-2006 (Tab. 6).

Codice campione	Codice CeDaD	Età Convenzionale (non calibrata)	Età Calibrata
C1 Sond. 67	LTL14546A	2164 ± 45 BP	2320 – 2040 BP
C2 Sond. 49	LTL14547A	3210 ± 45 BP	3560 – 3350 BP
C3 Sond. 2	LTL14548A	2140 ± 45 BP	2310 – 1990 BP
C4 Sond. 2	LTL14549A	2275 ± 45 BP	2360 – 2150 BP

Tab. 5. Datazioni eseguite su campioni prelevati in altri sondaggi.

Codice campione		Età Convenzionale (non calibrata)	Età Calibrata
FG11 (11.4)		3270 ± 35 BP	3480 – 3445 BP
FG11 (12.4)		2995 ± 35 BP	3245 – 3070BP
FG4 (17.5)		4210 ± 35 BP	4840 – 4600 BP
FG3 (14.7)		3245 ± 35 BP	3470 – 3435 BP
FGA3 (6.5)		1680 ± 30 BP	1610 – 1535 BP
FGA3 (16.5)		2195 ± 35 BP	2300 – 2120 BP
FGA4 (7.5)		5010 ± 40 BP	5855 – 5670 BP
FGA4 (9.75)		1805 ± 30 BP	1770 – 1630 BP
FGA4 (24.9)		6820 ± 40 BP	7650 – 7570 BP
FGA5 (7.75)		16020 ± 70 BP	-----

Tab. 6. Datazioni eseguite su campioni prelevati nei sondaggi della campagna 2005-2006.

Ai fini sempre del confronto tra le diverse datazioni eseguite, si rammenta che mentre quelle riportate in tabella 1 si riferiscono a campioni ricchi in sostanza organica, quelle relative alla tabella 2, con la sola esclusione del campione C1 che è costituito da sedimenti con elevata concentrazione di materia organica, sono state eseguite su campioni di legno, mentre quelle riportate in tabella 3 si riferiscono a campioni costituiti da detriti conchigliari, per i quali è previsto un ringiovanimento di almeno 400 anni rispetto al valore calcolato, in quanto

si deve tener conto del diverso grado di assorbimento di CO₂ nell'acqua marina da parte degli organismi con guscio calcareo.

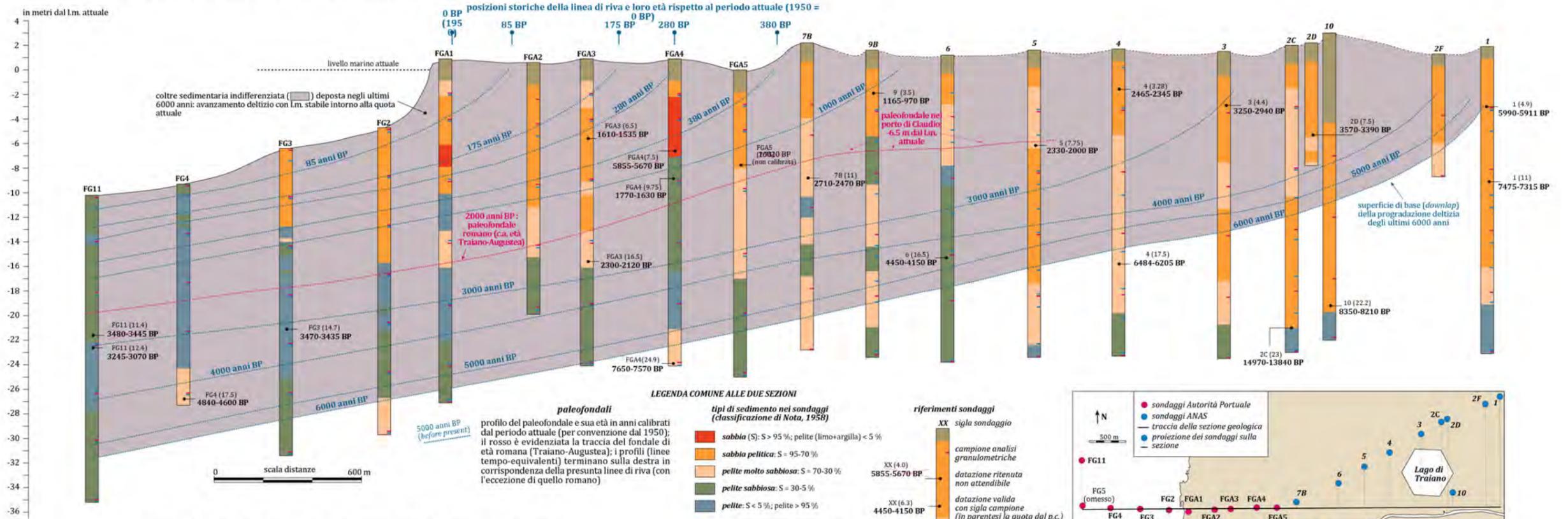
Per quanto riguarda le datazioni riportate in tabella 1, va detto che se si escludono alcuni campioni che mostrano età poco compatibili con l'assetto geometrico-stratigrafico e le posizioni conosciute delle antiche linee di riva (vedi Giraudi, 2004 con riferimenti bibliografici), tutti gli altri indicano che gran parte della stratigrafia indagata ha avuto origine negli ultimi 6000 anni. Tuttavia, a fronte di questa generale considerazione, sussistono delle differenze di età tra quanto rilevato nella campagna geologica 2005-2006 e quella del 2013-2014 che meritano alcuni chiarimenti, ai fini della identificazione del fondale di età romana.

7.2. Assetto deposizionale e paleo-fondale romano

Nella campagna 2005-2006 l'estensione dell'area d'indagine anche nell'entroterra, ha consentito di meglio inquadrare i dati stratigrafici e cronologici utilizzando le posizioni datate delle antiche linee di riva (vedi Bellotti et al., 1994; Giraudi, 2004); inoltre, grazie anche all'impiego della modellistica *Shoreface Translational Model* che opera al meglio su profili terra-mare abbastanza estesi, è stato possibile restituire il paleofondale romano insieme a quelli più antichi e più recenti. Restituzioni per le quali sono stati utilizzati anche gli indicatori paleo-batimetrici come la granulometria dei sedimenti e la microfauna, unitamente alle datazioni del radiocarbonio. Tutti questi dati hanno prodotto due sezioni stratigrafiche (Fig. 20) ove risultano identificati 10 paleofondali di età compresa negli ultimi 6000 anni. Come si può evincere le sezioni mostrano una serie di fondali sempre più giovani muovendosi da est verso ovest che rappresentano l'espressione della fase di avanzamento (progradazione) della linea di costa e di tutto l'apparato deltizio del Tevere, sia nella sua porzione emersa, sia in quella sommersa (Bellotti et al., 1994). In particolare si riscontra che il fondale romano si ritrova ad una profondità compresa tra -9 m (sondaggio FGA5) e -19.8 m (FG11) rispetto all'attuale livello del mare, mentre nel tratto del futuro porto di Fiumicino le sue quote sarebbero comprese tra -15.7 m (FGA1) e -19.8 (FG11). Il fondale avrebbe inoltre un andamento sub-orizzonte nel tratto compreso tra i sondaggi 7B e 5, che corrisponde al settore del bacino portuale di Claudio.

Più in dettaglio la sezione stratigrafica di figura 20 così come quelle delle figure 21 e 22, che integrano e maggiormente dettagliano l'età e gli ambienti deposizionali dell'area investigata (nuove sezioni nord e sud), consentono di riconoscere una serie di subambienti deposizionali marini di acqua poco profonda (0-30 m) che sono riconducibili: 1) alla spiaggia sommersa superiore (0/-5 m) ed inferiore (-5/-10 m); 2) alla transizione tra la spiaggia

A - IDENTIFICAZIONE DEI PALEO-FONDALI DEGLI ULTIMI 6000 ANNI



B - SEZIONE STRATIGRAFICA IN CHIAVE PALEO-AMBIENTALE

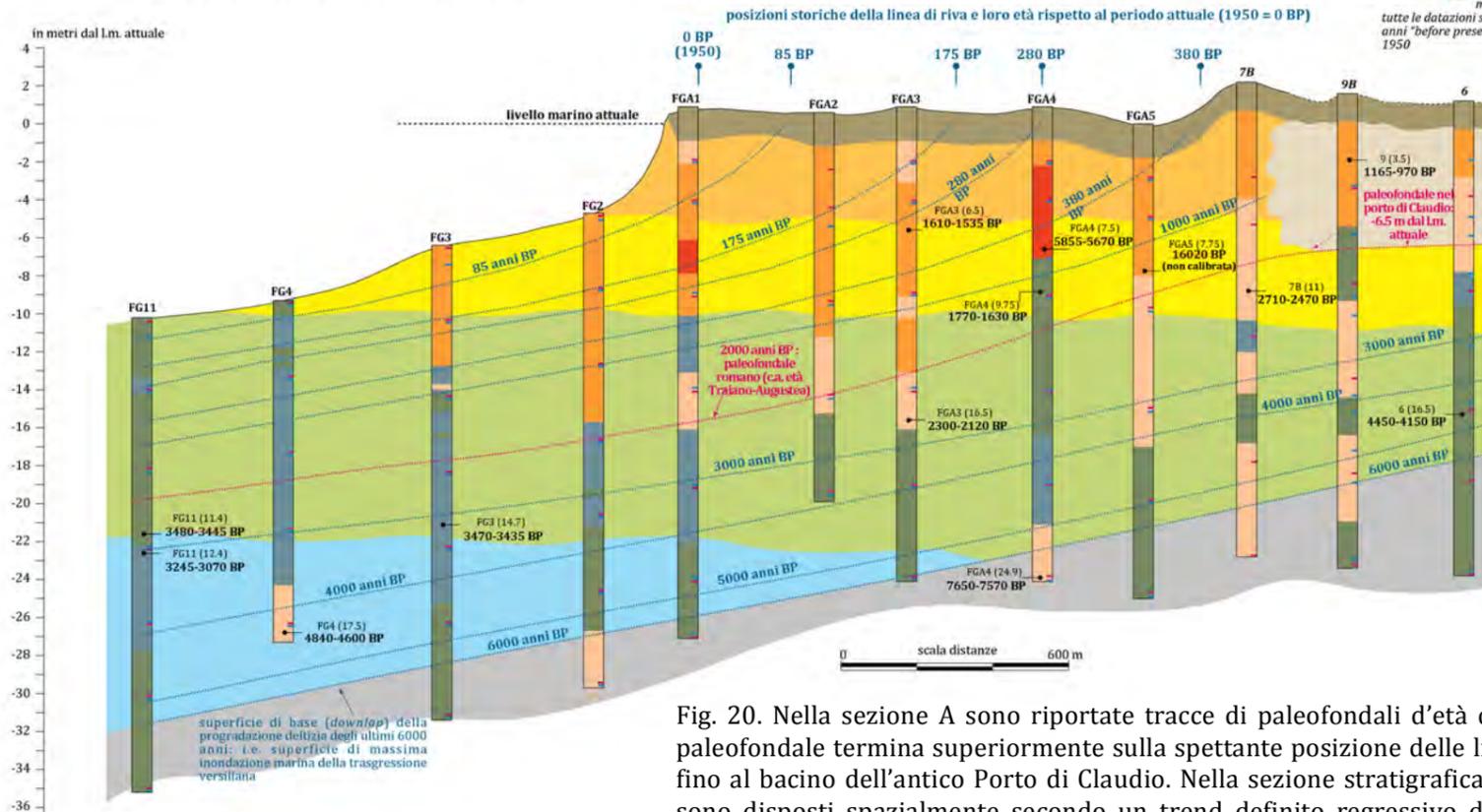


Fig. 20. Nella sezione A sono riportate tracce di paleofondali d'età diversa all'interno dei depositi formati negli ultimi 6000 anni. Ogni paleofondale termina superiormente sulla spettante posizione della linea di riva con l'eccezione di quello romano che è stato tracciato solo fino al bacino dell'antico Porto di Claudio. Nella sezione stratigrafica sottostante (B) i depositi sono distinti per ambiente di formazione e sono disposti spazialmente secondo un trend definito regressivo deposizionale che si sviluppa, nel caso in questione, in condizioni di stabilità relativa del livello marino (schemi lievemente modificati dalla relazione tecnica 2005-2006).

sommersa e la piattaforma continentale (-10/-20 m) e 3) alla piattaforma continentale interna (-20/-30 m). L'organizzazione stratigrafica complessiva della sezione è quindi di tipo "regressivo deposizionale" e procedendo sulla verticale, dal basso verso l'alto si assiste ad un cambiamento dei paleoambienti che diventano sempre più di acque poco profonde. La porzione inferiore della sezione presenta un'unità trasgressiva (pre-6000 anni fa) con microfauna infralitorale, associabile anch'essa ad ambienti esterni alla spiaggia sommersa, ma sviluppatasi durante le fasi di migrazione della costa verso terra, connesse con l'ultima risalita relativa del livello del mare (vedi anche figure 5 e 6)(Milli et al., 2013).

Le indagini condotte con la campagna geologica 2013-2014, se da un lato hanno confermato l'impalcatura stratigrafica della successione già precedentemente analizzata, nonché la ricostruzione paleo-ambientale, dall'altro ha posto una serie di problemi in relazione ai risultati derivanti dalle nuove datazioni al radiocarbonio che sono state eseguite (Fig. 21 e 22). Ai fini di verificare e confermare le precedenti datazioni e la posizione del paleo-fondale di età romana, i campioni delle nuove datazioni sono stati prelevati a cavallo delle linee temporali che dovrebbe corrispondere a tale fondale. I risultati che ne sono derivati si presentano fortemente in contrasto con quelli precedenti avendo due evidenze più marcate: 1) la loro età risulta più antica di circa 1500-1700 anni rispetto a quanto previsto, oscillando tra i 4200 e i 5900 anni BP; 2) i campioni mostrano una inversione di età, con quelli stratigraficamente più bassi che risultano più recenti e quelli stratigraficamente più alti che risultano più antichi. Sfuggono a questa tendenza solo i campioni del sondaggio 62 che a cavallo del paleo-fondale di età romana mostrano un'età compresa tra 5590-5320 BP (campione stratigraficamente più basso) e 2950-2760 BP (campione stratigraficamente più alto). Questa inversione di età e di invecchiamento dei sedimenti riscontrata con le nuove datazioni al radiocarbonio in realtà era già parzialmente presente nella precedente campionatura; campionatura che a differenza dell'ultima era stata fatta prelevando i campioni senza seguire un particolare schema, dal momento che era necessario avere un'indicazione generale sull'età dei depositi, mancando dati pregressi. Così facendo non si erano tenuti in considerazione i dati cronologici di una serie di campioni (vedi precedente report) che erano stati scartati in quanto non coerenti con il generale assetto geometrico e stratigrafico dell'area deltizia tiberina.

I campioni prelevati con la nuova indagine, raccolti con un criterio differente e volto a verificare e confermare l'età del paleo-fondale romano, hanno invece evidenziato in maniera chiara come la porzione di successione sedimentaria a cavallo di questo fondale mostra una inversione di età dei sedimenti che si inquadra comunque nel generale trend progradazionale

Sezione Sud

posizioni storiche della linea di riva e loro età rispetto al periodo attuale (1950 = 0 BP)

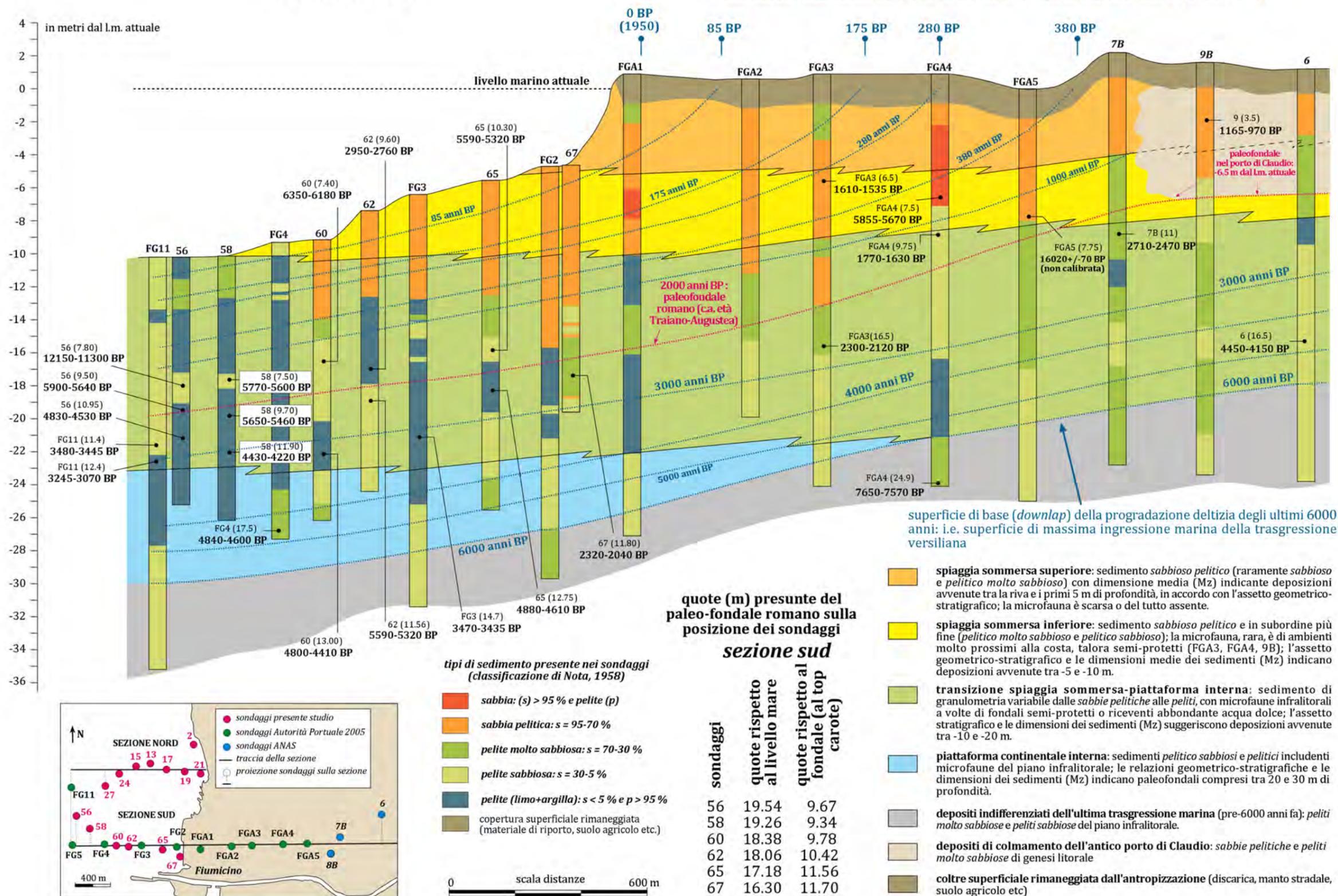


Fig. 22 Sezione stratigrafica e deposizionale del settore sud dell'area che deve ospitare il futuro Porto di Fiumicino. Nella sezione sono riportate le stratigrafie dei nuovi sondaggi, nonché le tracce dei paleofondali d'età diversa all'interno dei depositi formati negli ultimi 6000 anni. Ogni paleofondale termina superiormente sulla spettante posizione delle linea di riva con l'eccezione di quello romano che è stato tracciato solo fino al bacino dell'antico Porto di Claudio. Nella sezione i depositi sono distinti per ambiente di formazione e sono disposti spazialmente secondo un trend definito regressivo deposizionale che si sviluppa, nel caso in questione, in condizioni di stabilità relativa del livello marino. Nella figura sono inoltre riportate le quote presunte del paleo-fondale di età romana sulla posizione dei sondaggi. Il sondaggio 67 è stato inserito in quanto utile per la presenza di un campione datato con il radiocarbonio.

del sistema deltizio tiberino, che vede l'avanzamento dello stesso negli ultimi 6000 anni. Le altre datazioni che sono state condotte (Tab. 5) hanno, di fatto, confermato l'età e la posizione del paleofondale di età romana (vedi figure 21 e 22) mostrando che la variabilità e l'inversione di tendenza di età riscontrate si riferisce, più specificatamente ai campioni prelevati a mare, vale a dire nel settore più distale del sistema deltizio, e non per quelli a terra. Questa considerazione suggerisce che tale variazione deve essere ricercata in un meccanismo intrinseco al sistema deltizio, un meccanismo di tipo deposizionale che, pur nella generale tendenza progradazionale del Tevere, dia luogo a inversioni di età dei campioni a diverso livello stratigrafico.

L'analisi dei dati paleoclimatici attraverso le informazioni fornite dai pollini (Giraudi, 2004; Di Rita e Magri, 2009; Di Rita et al., 2010) può suggerire una possibile spiegazione del fenomeno che verrebbe ad inquadrarsi nella più generale, pervasiva e rapida ciclicità climatica a scala millenaria (Bond et al., 1997) che ha caratterizzato l'Olocene, l'ultima l'epoca geologica che stiamo vivendo. Queste variazioni sono riflesse nei cambiamenti vegetazionali e ambientali e nell'area mediterranea e, più in particolare, nel settore esaminato, tale variabilità, nel lasso di tempo che stiamo considerando, si sarebbe tradotta in una alternanza di periodi più secchi e periodi più umidi. In altre parole, come evidenziato in Di Rita et al. (2009) circa 4000 anni BP si riscontra nel settore della piana deltizia del Tevere un periodo di maggiore aridità, testimoniato da un temporaneo abbassamento della falda, documentato anche da un livello di natura evaporitica, datato a circa 4000 anni BP (Giraudi, 2004). Questa fase, in diversi luoghi del Mediterraneo si sarebbe caratterizzata per una temporanea deforestazione che viene interpretata come un evento di maggiore siccità (Di Rita e Magri, 2009). A questa fase arida sarebbe seguita, tra 2900 e 2000 anni BP un nuovo sviluppo di aree paludose che sarebbe stato messo in relazione con una maggiore umidità e una conseguente maggiore piovosità. Questi processi avrebbero innescato un incremento dei volumi di piena del Tevere che si sarebbero tradotti in una maggiore erosione e trasporto dal parte del corso d'acqua e dei suoi affluenti; l'erosione avrebbe intaccato sedimenti di età relativamente più antica, depositi in precedenza i quali, trasportati verso mare, si sarebbero depositati su quelli più recenti consentendo, nel lasso di tempo considerato, l'inversione dell'età dei campioni, pur nel generale contesto progradazionale del Tevere. Questo processo, riscontrato solo per aver maggiormente dettagliato una porzione delle successione tiberina degli ultimi 6000 anni, potrebbe essersi verificato anche su più brevi scale temporali per altre porzioni della successione per le quali non abbiamo specifiche indicazioni di età.

In conclusione si ritiene, quindi, che pur con le differenze di età riscontrate con questa

seconda campagna geologica, rimane confermata la posizione del paleo-fondale di età romana; posizione che pur con un margine di errore, insito nella modalità di reperimento dei dati, così come nella metodologia usata possa oscillare nell'ambito di +/-2 m. Inoltre, si ritiene improbabile che detto fondale presenti variazioni di rilievo nelle immediate adiacenze della sezione di misura, in particolare nell'area del futuro porto di Fiumicino. Rimane inoltre confermata l'impalcatura stratigrafica e deposizionale dell'area deltizia tiberina nel settore analizzato; questo è ben visibile nelle figure 21 e 22 che riportano le tracce delle due nuove sezioni stratigrafiche relative al settore nord e sud dell'area indagata. Va sottolineato che la sezione sud coincide con quella eseguita nella campagna 2005-2006; rispetto a quest'ultima è stata integrata e meglio dettagliata la porzione a mare di tale sezione dove sono stati condotti i nuovi sondaggi e le nuove datazioni. Nelle sezioni, l'interpretazione ambientale dei log di pozzo è stata fatta sulla base delle descrizioni delle singole carote e sulla base delle analisi granulometriche, oltre a tener conto dei dati già disponibili relativi alle posizioni e all'età dei paleo-fondali che si sono andati formando negli ultimi 6000 anni.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI CITATI NEL TESTO

- ALMONTI A., BELLOTTI P., CHIOCCI F.L., TORTORA P. (1990) - Post-glacial evolution, morphological features, and sedimentology of the subaqueous Tiber delta (Italy) (abstract): 13th International Sedimentontological Congress, Nottingham, p. 89-90.
- AMOROSI A., MILLI S. (2001) - Late Quaternary depositional architecture of Po and Tevere river deltas (Italy) and worldwide comparison with coeval deltaic successions. *Sedimentary Geology*, 144, 357-375.
- BARBERI F., BUANASORTE G., CIONI R., FIORDELISI A., FORESI L., IACCARINO S., LAURENZI M.A., SBRANA A., VERNIA L., VILLA I.M. (1994) - Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Lazio. *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia* 49, 77-134.
- BELFIORE A., BELLOTTI P., CARBONI M.G., CHIARI R., EVANGELISTA S., TORTORA P., VALERI P. (1987) - Il delta del Tevere: le facies sedimentarie della conoide sommersa. Un'analisi statistica dei caratteri tessiturali, microfaunistici e mineralogici. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 106, 425-445.
- BELLOTTI P. (2000) - Il modello morfosedimentario dei maggiori delta tirrenici italiani. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 119, 777-792.
- BELLOTTI P., TORTORA P. (1985) - Il delta del Tevere: lincamenti batimetrici, morfologici e tessiturali della conoide sommersa e delle aree limitrofe. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 104, 65-80.
- BELLOTTI P., TORTORA P. (1996) - I sedimenti sul fondale del delta del Fiume Tevere. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 115, 449-458.
- BELLOTTI P., BIAGI P.F., DELLA MONICA G., ERMINI A., GRITA F., SGRIGNA V., TORTORA P., VALERI P. (1990) - Prospezione geoelettrica nella piana del delta del Tevere. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 109, 249-258.
- BELLOTTI P., CALDERONI G., CARBONI M.G., DI BELLA L., TORTORA P., VALERI P., ZERNITSKAYA V. (2007) - Late Quaternary landscape evolution of the Tiber River delta plain (Central Italy): new evidence from pollen data, biostratigraphy and ¹⁴C dating. *Zeitschrift für Geomorphologie N.E.* 4, 505-534.
- BELLOTTI P., CALDERONI G., DI RITA F., D'OREFICE M., D'AMICO C., ESU D., MAGRI D., PREITE MARTINEZ M., TORTORA P., VALERI P. (2011) - The Tiber river delta plain (central Italy): coastal evolution and implications for the ancient Ostia Roman settlement. *The Holocene* 21, 1105-1116.
- BELLOTTI P., CARBONI M. G., MILLI S., TORTORA P., VALERI P. (1989) - La piana deltizia del Fiume Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo lowstand glaciale all'attuale. *Giornale di Geologia*, 51, 71-91.

- BELLOTTI P., CHIOCCI F., MILLI S., TORTORA P. (1993) - Variabilità nel tempo della distribuzione granulometrica sui fondali del Delta del Tevere. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 112, 143-153.
- BELLOTTI P., CHIOCCI F.L., EVANGELISTA S., TORTORA P., VALERI P. (1987) - La superficie di discordanza alla base del delta del Tevere e le sue relazioni con la geometria del corpo deltizio. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 37, 407-415.
- BELLOTTI P., CHIOCCI F.L., MILLI S., TORTORA P., VALERI P. (1994) - Sequence stratigraphy and depositional setting of the Tiber delta: integration of high-resolution seismics, well logs, and archeological data. *Journal Sedimentary Research*, B 64, 416-432.
- BELLOTTI P., MATTEI M., TORTORA P., VALERI P. (2009) - Geoarchaeological investigations in the area of the imperial harbours of Rome. *Méditerranée* 112, 51-58.
- BELLOTTI P., MIKHAILOVA M.V., TORTORA P., VALERI P. (2000) - The effect of the Tiber delta development in the Central Tyrrhenian Sea. VI International Model Estuaries Symposium "Large Deltas and their Impact on the Coastal Zone". Ispra 5-7-2000, Abstract vol 1, 30.
- BELLOTTI P., MILLI S., TORTORA P., VALERI P. (1995) - Physical stratigraphy and sedimentology of the Late Pleistocene-Holocene Tiber Delta depositional sequence. *Sedimentology*, 42, 617-634.
- BELLUOMINI G., IUZZOLINI P., MANFRA L., MORTARI R., ZALAFFI M. (1986) - Evoluzione recente del delta del Tevere. *Geologica Romana* 25, 213-224.
- BERSANI P., AMICI R. (1993) - Il trasporto solido del fiume Tevere. *Idrotecnica*, 3. Roma.
- BERSANI P., BENCIVENGA M. (2001) - Le piene del Tevere a Roma dal V secolo a.C. all'anno 2000. Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, 100 pp.
- BERSANI P., BENCIVENGA M., PIOTTI A. (1999) - Caratterizzazione degli eventi di piena del fiume Tevere a Roma dal 1921 al 1995. *L'Acqua*, 1-2. Roma.
- BHATTACHARIA J.P., GIOSAN L. (2003) - Wave-influenced deltas: geomorphological implications for facies reconstruction. *Sedimentology* 50, 187-210.
- BOND G., SHOWERS W., CHESEBY M., LOTTI R., ALMASI P., DEMENOCAL P., PRIORE P., CULLEN H., HAJDAS I., BONANI G. (1997) - A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science* 278, 1257-1266.
- BORDONI P., VALENSISE G. (1998) - Deformation of the 125 ka Marine Terrace in Italy: Tectonic Implications. In: Stewart, I.S., Vita-Finzi, C. (Eds.), *Coastal Tectonics*. Geological Society London, Special Publication, 146, 71-110.
- BORTOLUZZI G., FRASCARI F., GUERZONI S., INCREMONA, N., RAVIOLI, M., ROVATTI G. (1982) - Some sedimentological and chemical features of the seafloor in front of Tiber River.

Geografica Fisica e Dinamica Quaternaria, 5, 120.-128.

- BOSELLINI A., MUTTI E., RICCI LUCCHI F. (1989) - Composizione e tessitura delle rocce terrigene silicoclastiche. In: "Rocce e Successioni Sedimentarie", Ed. UTET, Torino, 11-47.
- BOYD, R., DALRYMPLE, R.W., ZAITLIN, B.A., 2006. Estuarine and incised-valley facies models. In: Posamentier, H.W., Walker, R.G. (Eds.), Facies Models Revisited: SEPM (Society for Sedimentary Geology) Special Publication, 84, 171-235.
- CAPUTO C., LA MONICA G.B., LUPIA PALMIERI E., PUGLIESE F. (1987) - Physiographic characteristics and dynamics of the shore of Roma (Italy). In: «International Geomorphology», ed. by Gardiner, Part I, John Wiley and Sons Ltd, 1185-1198.
- CARBONI M.G. (1993) - Contributo alla stratigrafia del Quaternario laziale. Il Quaternario 6, 27-34.
- CARMINATI E., DOGLIONI C., SCROCCA D. (2004). Alps vs Apennines. In: Crescenti U., D'Offizi S., 904 Merlini S., Sacchi L., (Eds.), Geology of Italy. Special Publication of the Italian Geological Society for the IGC 32nd. Florence, 2004, 141-151.
- CHIOCCI F.L., LA MONICA G.B. (1991) - Dinamiche attuali e recenti nella sedimentazione di piattaforma, ricostruite attraverso prospezioni di sismica monocanale ad alta risoluzione (abstract): 10° Convegno Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, 54.
- CHIOCCI F.L., MILLI S. (1995) - Construction of a chronostratigraphic diagram for high-frequency sequence: the 20 ky B.P. to present Tiber depositional sequence. Il Quaternario 8, 339-348.
- CHIOCCI F.L., NORMARK W.R. (1992) - Effect of sea-level variation on upper-slope depositional processes offshore of Tiber delta, Tyrrhenian Sea, Italy. Marine Geology, 104, 109-122.
- CHIOCCI F.L., ESU, F., TOMMASI P. (1991) - Studio di strutture attribuibili a possibili fenomeni di instabilità sul fondale della conoide sommersa del Tevere. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale Coordinamento Ingegneria Geotecnica. Attività di Ricerca 1990-1991, 245-248.
- CIONI R., LAURENZI M.A., SBRANA A., VILLA I.M. (1993) - $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronostratigraphy of the initial activity in the Sabatini Volcanic Complex (Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana 112, 251-263.
- COWELL P.J., ROY P.S., JONES R.A. (1995) - Simulation of large-scale coastal change using a morphological behaviour model. Marine Geology, 126, 45-61.
- COWELL P.J., ROY P.S., JONES R.A. (1992) - Shoreface Translation Model: computer simulation of coastal-sand-body response to sea level rise. Mathematics and Computers in Simulation, 33, 603-608.

- COWELL P., TORTORA P. (2001) - The Tiber River delta evolution during the last 18,000 years by using a numerical approach. Internal Report, Coastal Study Unit, Dept. of Geography of Sydney University, and Dipartimento di Scienze della Terra Università di Roma "La Sapienza". 1-61 pp.
- DALRYMPLE R.W., ZAITLIN B.A., BOYD R. (1992) - Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology* 62, 1130–1146.
- DAN S., WALSTRA D.R., STIVE M.J.F., PANIN N. (2011) - Processes controlling the development of a river mouth spit. *Marine Geology* 280, 116–129.
- DE RITA D., FUNICIELLO R., CORDA L., SPOSATO A., ROSSI U. (1993) - Volcanic Unit. In: Di Filippo, M. (Ed.), *Sabatini Volcanic Complex: Consiglio Nazionale Delle Ricerche, Progetto Finalizzato " Geodinamica " Monografie Finali*, 11, 33–79.
- DE RITA D., FACCENNA C., FUNICIELLO R., ROSA C. (1995) - Stratigraphy and volcano tectonics. In: Trigila, R. (Ed.), *The Volcano of the Alban Hills: Tipografia S.G.S.*, 33–71.
- DI BELLA L., BELLOTTI P., FREZZA V., BERGAMIN L., CARBONI M.G. (2011) – Benthic foraminiferal assemblages of the imperial harbor of Claudius (Rome): further paleoenvironmental and geoarcheological evidences. *The Holocene* 21, 1245–1259.
- DI BELLA L., BELLOTTI P., MILLI S. (2013) - The role of foraminifera as indicators of the Late Pleistocene-Holocene palaeoclimatic fluctuations on the deltaic environment: the example of Tiber delta succession (Tyrrhenian margin, Italy). *Quaternary International*, 303, 191-209.
- DI RITA F., MAGRI D. (2009) - Holocene drought, deforestation, and evergreen vegetation development in the central Mediterranean: a 5500 year record from Lago Alimini Piccolo, Apulia, southeast Italy. *Holocene* 19, 295-306.
- DI RITA F., MAGRI D. (2012) - An overview of the Holocene vegetation history from the central Mediterranean coasts. *Journal of Mediterranean Earth Science* 4, 35–52.
- DI RITA F., CELANT A., MAGRI D. (2010) - Holocene environmental instability in the wetland north of the Tiber delta (Rome, Italy): sea–lake–man interactions. *Journal of Paleolimnology* 44, 51–67.
- DI RITA F., CELANT A., MILLI S., MAGRI D. (2014) - The Lateglacial-early Holocene vegetation history of the Tiber delta (Rome, Italy) under the influence of climate change and sea-level rise. *Accettato su Review of Paleobotany and Palinology*.
- DOGLIONI C., INNOCENTI F., MORELLATO C., PROCACCIANTI D., SCROCCA D. (2004). - On the Tyrrhenian sea opening. *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia* 44, 147–164.
- FOLK R.L. (1954) - The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal Geology*, 62, 344-359.
- FOLK R.L., WARD W.C. (1957) - Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal Sedimentary Petrology*, 27, 3-36.

- FRIEDMAN G.M. (1961) - Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. *Journal Sedimentary Petrology*, 31, 514-529.
- FRIEDMAN G.M. (1967) - Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal Sedimentary Petrology*, 37, 327-354.
- GIORDANO G., ESPOSITO A., DE RITA D., FABBRI M., MAZZINI I., TRIGARI A., ROSA C., FUNICIELLO R., 2003. The sedimentation along the roman coast between middle and upper Pleistocene: the interplay of eustatism, tectonics and volcanism – new data and review. *Il Quaternario* 16 (1Bis), 121–129.
- GIOSAN L. (2007) - Morphodynamic Feedbacks on Deltaic Coasts: Lessons from the Wave Dominated Danube Delta. *Proceedings of Coastal Sediments 2007*. ASCE, New Orleans, U.S.A., 828–841.
- GIOSAN L., DONNELLY J., VESPROMEANU E., BHATTACHARYA J., OLARIU C., BUONAIUTO F. (2005) - River Delta Morphodynamics: Examples from the Danube Delta. In: Giosan, L., Bhattacharya, J.P. (Eds.), *River Deltas: Concepts, Models, Examples*: SEPM (Society for Sedimentary Geology), Special Publication, 83, 393–411.
- GIRAUDI C. (2004) - Evoluzione tardo-olocenica del delta del Tevere. *Il Quaternario*, 17(2/2), 477-492.
- GIRAUDI, C. (2011) - The sediments of the ‘Stagno diMaccarese’ marsh (Tiber river delta, central Italy): a late-Holocene record of natural and human-induced environmental changes. *The Holocene* 21, 1233–1243.
- GIRAUDI C., TATA C., PAROLI L. (2009) - Late Holocene evolution of Tiber River Delta and geoarchaeology of Claudius and Trajan Harbor, Rome. *Geoarchaeology* 24, 371–382.
- GIULIANELLI M., TODISCO A. (1978) - Rilevamento di parametri fluodinamici alla Foce del Tevere. *Atti 16 ° Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Torino, B 17, p. 1-1 I.
- GOIRAN J.P., TRONCHÈRE H., SALOMON F., CARBONEL P., DJERBI H., OGNARD C. (2009) - Paleoenvironmental reconstruction of the ancient harbors of Rome: Claudius and Trajan's marine harbors on the Tiber delta. *Quaternary International* 216, 3–13.
- ISTITUTO RICERCA SULLE ACQUE (1980) - Indagine sull'immissione del Fiume Tevere nel Mar Tirreno: Progetto Finalizzato "Promozione Qualità dell'Ambiente" Quaderno 62, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 32 p.
- LECHI G.M., TODISCO M. (1980) - Prospettive dell'impiego del telerilevamento nello studio della dispersione a mare di scarichi idrici inquinanti. *Collana del P.F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente" AQ/6/2*, pp. 141.
- KARNER D.B., MARRA F., RENNE P.R. (2001) - The history of the Monti Sabatini and Alban Hills volcanoes: groundwork for assessing volcanic-tectonic hazards for Rome. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 107, 185–219.

- LOCARDI E., LOMBARDI G., FUNICIELLO R., PAROTTO M. (1976) - The main volcanic group of Lazio (Italy): relations between structural evolution and petrogenesis. *Geologica Romana* 15, 279–300.
- MALINVERNO A., RYAN W.B.F. (1986) - Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as a result of arc migration driven by sinking of the lithosphere. *Tectonics* 5, 227–245.
- MARIANI M., PRATO R. (1988) - I bacini Neogenici costieri del margine tirrenico: approccio sismico-stratigrafico. *Memorie della Società Geologica Italiana* 41, 519–531.
- MASON C.C., FOLK R.L. (1958) - Differentiation of beach, dunes and aeolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. *Journal Sedimentary Petrology*, 28 (2), 211-226.
- MIKHAILOVA M.V, BELLOTTI P., VALERI P., TORTORA P (1999) - Intrusion of seawater into the River Part of the Tiber Mouth. *Water Resources*, 26, 679-686.
- MILLI S. (1997) - Depositional setting and high-frequency sequence stratigraphy of the Middle-Upper Pleistocene to Holocene deposits of the Roman basin. *Geologica Romana*, 33, 99-136.
- MILLI S., D'AMBROGI C., BELLOTTI P., CALDERONIG., CARBONI M.G., CELANT A., DI BELLA L., DI RITA F., FREZZA V., MAGRI D., PICHEZZI R.M., RICCI V. (2013) - The transition from wave-dominated estuary to wave-dominated delta: The Late Quaternary stratigraphic architecture of Tiber deltaic succession (Italy). *Sedimentary Geology*, 284-285, 159-180.
- MILLI S., MOSCATELLI M., PALOMBO M.R., PARLAGRECO L., PACIUCCI M. (2008) - Incised-valleys, their filling and mammal fossil record: a case study from Middle-Upper Pleistocene deposits of the Roman Basin (Latium, Italy) *GeoActa*, Special Publication 1, 67-88.
- MILLI S., PALOMBO M.R., ANZIDEI A.P. (2011) - I depositi pleistocenici di Ponte Galeria e la Polledrara di Cecanibbio. Guida all'escursione post-congresso AIQUA 2011 "IL quaternario Italiano - Conoscenze e prospettive, Roma 26 Febbraio 2011, p. 37.
- NICHOL S.L., BOYD R., PENLAND S. (1994) - Stratigraphic response of wave-dominated estuaries to different relative sea-level changes and sediment supply histories: Quaternary case studies from Nova Scotia, Louisiana and Eastern Australia. In: Dalrymple, R.W., Boyd, R., Zaitlin, B.A. (Eds.), *Incised-valley Systems: Origin and Sedimentary Sequences: SEPM Special Publication*, 51, 266–283.
- NOLI A., DE GIROLAMO P., SAMMARCO P. (1990) - Progetto Tirreno: Convenzione Regione Lazio, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", relazione di fine ricerca, v. 1.
- NOTA D.J.G. (1958) - Sediments of western Guiana shelf. Report of Orinoco shelf expedition, 2. *Mendedel, Landbomvhogedrool, Wageningen*, 58, pp. 98.
- PETTIJOHN F.J. (1975) - Texture of sediments. In: *Sedimentary Rocks*, 3rd Edition, Harper & Row Publishers inc., 24-99.

- REIMER P.J., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., RAMSEY C.B., BUCK C.E., CHENG H., LAWRENCE EDWARDS R., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERTON T.P., HAFLIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON T.J., HOFFMANN D.L., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., MANNING R.W., NIU M., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., STAFF R.A., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J. (2013) - Intcal13 and marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55, 1869-1887.
- RICCI LUCCHI F. (1972) - *Sedimentologia (parte 1°)*. Clueb, Bologna, 217 pp.
- S.A.P.P.R.O. s.p.a. (1991) - *Piano di bacino del fiume Tevere: determinazione di un primo bilancio conoscitivo del trasporto solido*. A cura di Bersani P. e Piotti A.. Fase conoscitiva II stralcio – Ministero dei Lavori Pubblici – Provveditorato Regionale alle Opere Pubbliche per il Lazio. Roma.
- SEGRE A.G. (1967) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 149, Cerveteri*. Editori F. Dragone, A. Maino, A. Malatesta, A.G. Segre. Servizio Geologico d'Italia, 60-67.
- TORTORA P. (1995) - *La superficie deposizionale del delta sottomarino del Tevere: zonazione del sedimento e processi associati*. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 113, 89-105.
- TORTORA P. (1999) - *Una classificazione ternaria per la descrizione del sedimento sui fondali marini*. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 118, 65-73.
- TORTORA P., COWELL P.J. (2005a) - *Principi geometrici nei sistemi costieri trasgressivi. Parte 1^a: processi di migrazione del litorale*. *Geologica Romana*, 38, 61-75.
- TORTORA P., COWELL P.J. (2005b) - *Principi geometrici nei sistemi costieri trasgressivi. Parte 2^a: la preservazione di litosomi costieri su piattaforme continentali a debole pendenza*. *Geologica Romana*, 38, 77-96.
- TORTORA P., COWELL P.J., ADLAM K. (2009a) - *Transgressive coastal systems (1st part): barrier migration processes and geometric principles*. *Journal of Mediterranean Earth Sciences*, 1, 1-13.
- TORTORA P., COWELL P.J., ADLAM K. (2009b) - *Transgressive coastal systems (2nd part): geometric principles of stratla preservation on gently sloping continental shelves*. *Journal of Mediterranean Earth Sciences*, 1, 15-32.
- VAN MAREN D.S. (2005) - *Barrier formation on an actively prograding delta system: The Red River Delta, Vietnam*. *Marine Geology* 224, 123-143.
- WENTWORTH C.K. (1922) - *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. *Journal Geology*, 30, 377-392.

