

# Terrazzi deposizionali sommersi lungo le coste italiane. Considerazioni conclusive

CHIOCCI F.L.\*, D'ANGELO S.\*\*, ROMAGNOLI C.\*\*\*, RICCI LUCCHI F.\*\*\*

GRUPPO DI DISCUSSIONE TDS: M. AGATE<sup>1</sup>, F. BUDILLON<sup>2</sup>, A. CORREGGIARI<sup>3</sup>, G.C. CRISTOFALO<sup>2</sup>, F. FERRARO<sup>4</sup>, F. MASSARI<sup>5</sup>, L. ORLANDO<sup>6</sup>, M. ROVERI<sup>3</sup>, M.R. SENATORE<sup>7</sup>, A. SPOSATO<sup>8</sup>, F. TRINCARDI<sup>3</sup>  
partecipanti alle riunioni scientifiche di ROMA e di BOLOGNA.

## PREMESSA

Il censimento dei terrazzi deposizionali sommersi (TDS), di cui questo volume è il prodotto finale, ha permesso di stabilire con certezza la presenza di corpi deposizionali con caratteristiche analoghe in un numero consistente di settori costieri del Mar Tirreno (soprattutto), del Mar Ionio e del Canale di Sicilia.

In almeno 12 siti (ma il numero aumenta considerando anche i casi segnalati brevemente nella sezione finale dell'Atlante) è stata riportata la presenza di TDS, con caratteristiche morfologiche e stratigrafiche estremamente simili, anche in contesti litologici o in situazioni tettoniche molto differenti.

Ovviamente il numero e l'ubicazione dei TDS segnalati non vuole rappresentare la completa distribuzione di queste forme lungo le coste italiane, in quanto le segnalazioni dipendono solo dalla disponibilità di dati e dalla volontà dei ricercatori di partecipare all'iniziativa, che ha comunque visto coinvolta la maggior parte dei gruppi scientifici italiani che operano nel campo della geologia marina.

Al contrario, la dimostrata correlazione tra presenza di TDS e la marcata acclività dei fondali (condizione piuttosto frequente attorno alla nostra penisola e, soprattutto, alle molte isole vulcaniche) lascia ipotizzare che i TDS rappresentino un elemento morfologico-deposizionale "usuale" dei fondali italiani. Abbiamo ritenuto pertanto opportuno, una volta esaurita l'illustrazione dei diversi casi studiati (che resta comunque l'obiettivo fondamentale di questo volume), tentare una sintesi delle conoscenze raggiunte, relative alle caratteristiche, all'età, alla probabile genesi dei TDS e alle possibili ulteriori applicazioni dello studio di queste forme.

Le considerazioni che seguono sono il frutto di due incontri, svoltisi a Bologna il 3 ottobre 1995 e a Roma l'8 luglio 1997, rispettivamente all'inizio e alla fine del periodo di raccolta e revisione critica degli articoli dell'Atlante, cui hanno partecipato, in misura diversa, gli Autori.

## DEFINIZIONE

La definizione di "Terrazzo Deposizionale Sommerso", per i depositi oggetto dell'Atlante, è stata proposta sin dalle prime fasi dell'iniziativa e viene da noi mantenuta anche in conclusione della ricerca, nonostante il termine "terrazzo" sia frequentemente associato a un carattere di continentalità e ad una forte componente erosiva. La definizione di TDS ha per noi un carattere essenzialmente descrittivo e non genetico, indicando un tipo di deposito reso significativo essenzialmente dalla costanza di caratteri morfologico-stratigrafici, in contesti geologico-fisiografici anche molto differenti.

Le caratteristiche che definiscono un TDS sono le seguenti (Fig. 1):

- non è un'unità puramente morfologica, ma un **corpo sedimentario** sommerso, a struttura interna **clinostratificata** con accrescimento **progradante** sempre **verso il bacino**.

- la morfologia esterna è caratterizzata da un tetto **poco o per nulla acclive**, un **ciglio ben definito**, una **scarpata frontale con pendenza che si avvicina all'angolo di riposo dei sedimenti**, che verso il basso si raccorda molto gradualmente al substrato (generalmente la scarpata continentale superiore).

- la distribuzione è sempre **allungata parallelamente alla costa**, con estensione trasversale (sottopendio) molto ridotta rispetto a quella longitudinale.

- la forma esterna è **poco o nulla modificata da erosione postdeposizionale**, con una scarpata frontale avente generalmente la stessa pendenza e forma degli strati interni.

Benché il termine terrazzo sia largamente usato in geomorfologia per indicare forme generate da erosione marina o fluviale, tale definizione non comporta implicazioni genetiche. Peraltro il termine terrazzo è già usato per morfologie sottomarine pianeggianti di origine complessa e di dimensioni anche ragguardevoli come, ad esempio la dizione di piattaforma/terrazzo continentale.

La natura principalmente deposizionale delle morfologie da noi censite viene sottolineata, appunto, dall'aggettivo "deposizionale" che, oltre a differenziare i

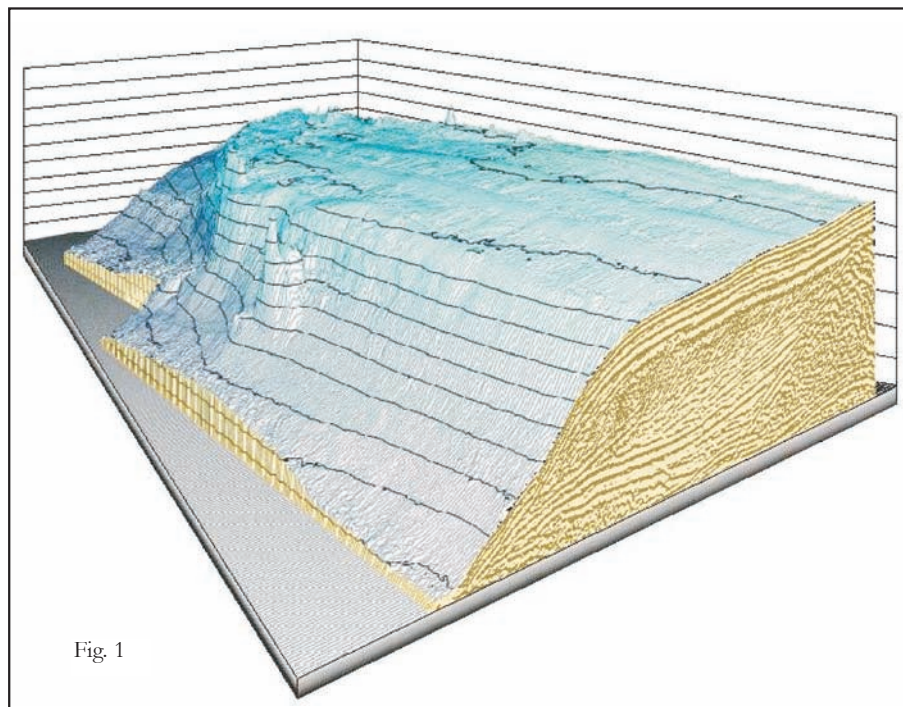
\*Dip. Scienze della Terra, Università di Roma "La Sapienza"; CNR-IGAG, Roma

\*\*Servizio Geologico Nazionale - Roma

\*\*\*Dip. di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna.

<sup>1</sup>Dip. di Geologia e Geodesia, Università di Palermo; <sup>2</sup>Istituto Geomare Sud, CNR, Napoli; <sup>3</sup>Istituto Geologia Marina, CNR, Bologna; <sup>4</sup>Dip. Scienze della Terra, Uni. di Cagliari; <sup>5</sup>Dip. Scienze della Terra, Uni. di Padova; <sup>6</sup>Dip. Idraulica, Tras. e Strade, Università di Roma "La Sapienza"; <sup>7</sup>Dip. Scienze della Terra, Uni. di Napoli; <sup>8</sup>Istituto Tettonica Recente, CNR, Roma.





TDS dai terrazzi fluviali e marino-costieri, descrive anche sinteticamente la caratteristica primaria di questi corpi, creati per accrescimento laterale e non modificati successivamente (Fig. 1).

Il censimento e l'Atlante hanno preso in considerazione le sole forme attualmente sommerse, escludendo sia le forme sepolte (presenti nella configurazione interna della piattaforma continentale) sia le forme affioranti a terra, per le quali si è citato un solo esempio relativo a un affioramento nel crotonese. Tale scelta è stata dettata dall'esigenza di limitare la compilazione a depositi di analoga situazione stratigrafica; è tuttavia chiaro che anche forme più antiche, o ubicate in contesti diversi, potranno essere definite Terrazzi Deposizionali Sommersi una volta che se ne sia constatata la similitudine di forma, dimensione e caratteri con i TDS attualmente presenti sui fondali.

Proprio allo scopo di meglio evidenziare gli elementi di analogia nell'ambito della casistica trattata, è stata compilata una tabella riassuntiva che sintetizza le principali caratteristiche dei TDS oggetto dell'Atlante (TAB. 1). Il confronto tra i vari casi segnalati ha consentito, infatti, di individuare in modo semi-quantitativo i caratteri morfologici e deposizionali dei TDS (profondità, geometrie interne ed esterna, spessore, facies acustica), che vengono di seguito ripresi e discussi.

## UBICAZIONE E PROFONDITÀ' DEI TDS

I TDS segnalati sono impostati su tratti di margine continentale caratterizzati da piattaforme ridotte o assenti e/o ad alta acclività; margini spesso controllati da lineamenti tettonici o grandi strutture erosive (es.: margine tirrenico orientale, margine sardo) o fianchi di complessi vulcanici e/o insulari caratterizzati da ripidi fondali (es.: Arcipelago Pontino, Isole Eolie, Linosa, Egadi). Lo sviluppo dei TDS è, infatti, apparso chiaramente condizionato dal gradiente della superficie di base su cui si imposta (mediamente compreso tra  $0.5^\circ$  e  $2^\circ$ , in alcuni casi anche di alcuni gradi) e dall'estensione ridotta della piattaforma (inferiore a 10 km); il ciglio deposizionale dei TDS, generalmente, coincide con il ciglio della piattaforma.

Si è spesso verificata l'associazione dei TDS con lineamenti erosivi retrostanti (paleofalesie) o sottostanti (piattaforme di abrasione), fatto che testimonia l'importanza della morfologia nel favorire la formazione e la preservazione di questi corpi. Specie nel caso di complessi vulcanici insulari, la presenza di piattaforme di abrasione interrompe il ripido profilo morfologico primario dei fondali e rappresenta una sede preferenziale per lo sviluppo e la permanenza dei TDS che potrebbero altrimenti venir rimobilizzati da fenomeni gravitativi.

Le profondità dei TDS sono, nella maggior parte dei casi, comprese tra i -100 e -200 metri, con ciglio deposizionale posto attorno a -120/-150; tali quote sono compatibili con quelle raggiunte dal livello del mare nel corso dell'ultimo stazionamento basso glacioeustatico (18 ka fa) cui si può sommare, nei settori tettonicamente instabili, una componente di dislocamento verticale, tettonica o vulcanotettonica. L'effetto di questa componente si riflette sia in variazioni estremamente gradualmente nella profondità dei TDS (come riscontrato alle Pontine dove, su un tratto di margine di 18 km, la profondità di tutti i parametri deposizionali dei TDS varia gradualmente di circa 2 metri/km), sia nella marcata variabilità laterale delle geometrie di TDS posti in settori costieri adiacenti, ma separati da discontinuità strutturali e soggetti a movimenti verticali di diverso senso o intensità (es.: Isole Eolie).

In alcuni settori, TDS con caratteristiche del tutto analoghe ai precedenti sono stati osservati anche a profondità minore: il maggior numero di casi segnalati è ubicato nell'arcipelago eoliano, dove i TDS sono presenti in più fasce di profondità, i cui valori sembrano ricadere in alcune classi di frequenza. La principale corrisponde a TDS con ciglio sui 30-40 m. A profondità simili (rispettivamente leggermente maggiori e minori) si riscontrano i TDS circostanti l'isola di Linosa (ciglio a -45/55 m) e l'isola di Palmarola (-20/22 m); lungo tratti delle coste sarde e della penisola sorrentina si individuano, inoltre, TDS con ciglio compreso tra -55 e -95 metri.

Zona	Estensione parallela a costa (km)	Estensione perpendicolare a costa (km)	Spessore massimo (km)	Profondità di attacco (m)	Profondità del ciglio (m)	Profondità della chiusura (m)	Litologia	Faci es acustica	Max pendenza dei foreset (°)	n. cicli
<b>Isola di Capraia Elba ovest</b>	15 25	0,5-1 0,5-0,75	15 20	105-115 110-115	120 120-130	130-140 140-200	sabbie da gross. a medio-gros. bioclastiche,	trasparente, con evidenze sparse dei foreset	15 (piatt.) 15 (ciglio)	1 1
<b>Golfo di Cagliari Golfo di Orosei Posada</b>	15 7 4-5	0,3-1,3 0,2-0,8 1-1,5	8-10 8 8	60-70 42-77 48-52	70-91 57-94 55	95-110 95-120 90				1
<b>Isole Pontine NO Isole Pontine SO Isole Pontine NE Isole Pontine SE</b>	9 6 18 23	1-2,5 0,8-3 0,9-2 0,7-2	30 45 38 34	90-135 130-140 75-135 105-145	125-172 150-155 85-150 135-150	210-300 275-300 150-215 135-200	sabbie medie, siltose, bioclastiche	progradante	>10 >10 >10 >10	Poli Poli 1-2 1-2
<b>Marina della Lobra Vervece Vetara Li Galli</b>	1 3,5 2,8 0,8-0,9	0,5-0,6 0,6-1,1 1 0,8	20 27 24 35	55-62 72-90 51-53 84	62-65 78-95 65-71 112	75-78 115-126 85-88 128		rifl. sigmoidale rifl. sigmoidale caotica rifl. sigmoidale	7 3 5 3	1 1 2 1
<b>Capo Suvero</b>	13	0,720	9	136-150	140-155	163-181	biorudite limosa con ciottoli e rodoliti	trasparente	4	1
<b>Golfo S.Eufemia</b>	>15	0,3-0,8	25-30	110-150	125-160	170-230		progradante, obliqua/trasp.	>10	1
<b>Stromboli SO Stromboli NE sup. Panarea O sup. Panarea O inf. Panarea E Salina N Lipari NO sup. Lipari NO inf. Bocche di Vulcano Vulcano O</b>	3,5 1,5 7,0 4,0 8,5 11,0 9,0 9,0 1,5 5,0	0,4 0,6 0,6 >0,5 0,25-0,75 0,5-1,2 0,5 >0,5 0,75 0,6	25 15 20 15 10 35-20 30 25 30 25	20-35 12-15 15 35 45-70 18-27 15-25 30-40 23-30	38-40 26-30 20-45 83-94 58-80 30-45 22-38 75-110 52-87 38-40	90-120 90 50-80 105-115 105-130 70-105 65-90 100-140 90-110 90-110	scorie, sabbie vulcaniche, sabbie vulcaniche e bioclastiche	prograd. Obliqua  trasparente prograd. obliqua prograd., sorda prograd. stratif. prograd.alto ang. prograd. obliqua prograd.sigm. prograd.obliqua	20 <10  15 10 8 20 10 12 20	2 1 1 3 2 2 3 2 1
<b>Sicilia NO</b>	20	3,5 (max.)	30	135	157	202-270		obliquo sigmoid.	11	1
<b>Favignana</b>	10	2,5	40	94-106	106-114	135-212	sabbie pelitiche e peliti sabbiose	prograd., traspar.	10	Poli
<b>Linosa sud Linosa sud Linosa NO Linosa NO</b>	4 5 1 1	>0,6 0,5-0,7 <0,5 0,4-0,5	30 20 22 15-20	25-30 80-90 35-40 (?) 70-80 (?)	45 90-120 48-56 71-75	70-90 120-140 68-80 98-108			6 2	1 1 1 1
<b>Golfo di Taranto</b>	>40	1		90-100	100-130	150-175	sabbie organogene	stratif., prograd.	5	2

## MORFOLOGIA E GEOMETRIE INTERNE

Le caratteristiche geometriche e dimensionali dei TDS censiti sono abbastanza omogenee: si tratta sempre di corpi sedimentari a morfologia esterna terrazzata e geometria cuneiforme, la cui espressione morfologica risulta, nella maggior parte dei casi, evidente già dalla batimetria dei fondali. Lo spessore massimo è generalmente compreso tra 10 e 30 metri. Valori particolarmente bassi sono stati osservati sui tratti del margine sardo occidentale e della costa calabra (Capo Suvero).

Gli spessori più elevati (oltre 40 metri) si riscontrano invece alle Isole Pontine ed Egadi (dove la buona disponibilità di sedimento da sorgenti locali è associata all'azione di convogliamento e raccolta da parte del reticolo di drenaggio sommerso).

L'estensione perpendicolare alla costa (larghezza) è strettamente in relazione alla acclività e alla larghezza del margine e va da alcune centinaia di metri a qualche chilometro. L'estensione parallela alla costa (lunghezza) è più variabile: in corrispondenza di coste vulcaniche e/o insulari, più articolate e curvilinee o interessate da lineamenti vulcano-tettonici o strutturali, sono stati segnalati terrazzi a limitata continuità laterale (generalmente almeno un chilometro) e forte variabilità nelle geometrie interne ed esterne, mentre lungo tratti di piattaforma relativamente rettilinei i terrazzi deposizionali sono stati seguiti per molte decine di chilometri (come nell'arcipelago toscano o lungo il margine orientale del Golfo di Taranto).

Si sono osservati sia TDS che si estinguono lateralmente in modo graduale (per esempio in corrispondenza della variazione di gradiente della superficie di appoggio sottostante) sia con chiusure laterali nette (per esempio, in concomitanza della scomparsa della piattaforma di abrasione sottostante o in corrispondenza di canyon o zone di instabilità gravitativa).

Un elemento di controllo sulla distribuzione areale di TDS a limitata estensione è la presenza di strutture isolate o locali irregolarità morfologiche dei fondali, al piede delle quali i TDS osservati si sviluppano, e che rivestono probabilmente sia un ruolo di sorgente locale di sedimento clastico che di attenuazione del moto ondoso (per esempio nella Penisola sorrentina o a Capo Suvero).

La struttura interna dei TDS è sempre clinostratificata, obliqua e/o sigmoidale, diretta verso il bacino e non parallela a costa. I *foreset* hanno inclinazioni comprese tra 4° e 20°, spesso superiori a 10°; tale elevata acclività dei riflettori può causare l'effetto di apparente trasparenza acustica rilevata in alcuni casi e imputabile, quindi, a cause strumentali (CHIOCCI, questo volume).

I TDS sono spesso polifasici, presentano cioè evidenze dell'alternanza di fasi

deposizionali ed erosive, come superfici di riattivazione o erosione sommitale dei *topset* (esempi alle Isole Pontine, Egadi, Eolie, Penisola sorrentina). Si osservano spesso TDS sovrapposti e/o parzialmente coalescenti, in assetto retrogradazionale e spesso (non sempre) con tendenza all'aumento della pendenza dei *foreset* nei termini più recenti. Generalmente vi è coincidenza tra l'inclinazione degli strati (almeno i più esterni) e quella della scarpata frontale, a testimonianza della natura deposizionale e non erosiva di quest'ultima; solo in un caso (Isole Egadi) si sono osservate anche inclinazioni maggiori della scarpata frontale, probabile testimonianza di erosione postdeposizionale ad opera di correnti sottomarine.

## FACIES ACUSTICA E LITOLOGIA

La litologia e la granulometria dei sedimenti costituenti i TDS sono state verificate direttamente, tramite carotaggi, sui terrazzi deposizionali affioranti sui fondali delle Isole di Palmarola (Pontine) e Salina (Eolie), sul margine calabro occidentale (Capo Suvero), sulla piattaforma di Capraia e sul fianco occidentale della Dorsale dell'Elba. Dove non disponibili dati diretti, la litologia è stata stimata approssimativamente sulla base della facies acustica nei profili S.B.P. 3.5 kHz e della inclinazione dei *foreset* dei corpi deposizionali.

La granulometria più comune è quella della sabbia medio-grossolana (come suggerito dalla mancanza di penetrazione del segnale sismico ad altissima frequenza e dalla facies acustica con riflettori piuttosto indistinti e discontinui); sono, tuttavia, rappresentate diverse frazioni granulometriche, da quella ruditica (scorie vulcaniche alle Isole Eolie) alle peliti (limi sabbiosi del margine sardo orientale). Nelle sequenze deposizionali campionate con carotaggi, si è osservata la tendenza all'aumento della frazione grossolana e bioclastica (spesso con faune ad affinità glaciale) verso l'alto e verso il bacino, in alcuni casi sotto forma di pavimenti bioruditici o di tritume organogeno.

E' importante osservare come non siano mai state rilevate facies transizionali o subaeree; verso l'alto le sequenze passano spesso a depositi più fini, emipelagici, attribuiti alla sedimentazione durante le fasi di risalita e di stazionamento alto del livello marino.

Le litologie dei TDS sono ampiamente variabili, riflettendo i differenti contesti geologici dei relativi tratti costieri; in particolare risulta sempre ben rappresentata la componente bioclastica, che in alcuni casi diventa prevalente.

L'ubicazione dei punti di alimentazione riveste sicuramente un controllo sullo sviluppo dei TDS. Per i TDS sviluppati al margine di piattaforma, l'alimentazione può derivare da sorgenti sia lineari sia localizzate in corrisponden-

za di alti morfologici. L'apporto diretto da zone attualmente emerse sembra verificarsi solo in rari casi, nei quali i TDS si trovano associati a evidenze di un paleodrenaggio in grado di portare carico fluviale o sedimenti costieri sino ai margini della piattaforma (es.: Sicilia nord-occidentale, Egadi).

Nel caso di aree vulcaniche, lo sviluppo di TDS con discreto spessore è spesso riconducibile ad una significativa disponibilità di sedimento vulcanogenico derivante dallo smantellamento di centri eruttivi e depositi piroclastici nei settori costieri dei complessi vulcanici (il ripetersi di fasi eruttive dà luogo, peraltro, ad un ringiovanimento morfologico degli edifici vulcanici, con implicazioni sull'apporto di sedimento e sui processi epiclastici). Un esempio di alimentazione estremamente localizzata, legata allo smantellamento di un piccolo duomo esogeno, si è osservato per l'isolotto di Basiluzzo (Panarea, Isole Eolie), al cui piede è presente un TDS di limitata estensione ma con caratteristiche geometriche e morfologiche del tutto paragonabili ad altri casi osservati.

## GENESI ED ETA'

L'origine dei TDS è riconducibile, in via generale, a stazionamenti del livello relativo del mare a quote più basse dell'attuale. In particolare, i corpi deposizionali posti a profondità di -100/150 m e ubicati al margine di piattaforme rappresentano strutture relitte formatesi, presumibilmente, nel corso dell'ultimo basso stazionamento glacio-eustatico (circa 18 ka fa); tale interpretazione è suggerita dalla loro distribuzione batimetrica, compatibile col livello raggiunto dal mare nel corso dell'ultimo acme glaciale ed è supportata, per diversi dei casi segnalati, da datazioni radiometriche e dati biostratigrafici (es.: TDS dell'arcipelago toscano, Pontine, Calabria).

Meno chiara è l'attribuzione cronologica dei TDS posti a profondità inferiori ai 100 metri che, a meno di dislocazioni verticali dovute a sollevamento tettonico nel settore su cui sono impostati, riflettono probabilmente stazionamenti del livello relativo del mare nel corso dell'ultima risalita post-glaciale. L'assetto retrogradazionale (recessivo) osservato in alcuni TDS potrebbe proprio suggerire una deposizione avvenuta durante una risalita discontinua del livello marino.

L'osservazione dei caratteri deposizionali dei TDS suggerisce, per la loro formazione, un ambiente ad alta energia e limitato apporto clastico (che può diventare, però, localmente significativo), costituito da fondali a gradiente relativamente alto lambiti da correnti di deriva litorale. I TDS si formano lungo tratti costieri dominati dal moto ondoso e sottoposti, a causa dell'insularità o mancanza di piattaforma continentale, a un grande sviluppo di energia durante

le tempeste; in particolare, la variazione areale della concentrazione dell'energia erosiva lungo la costa, assieme all'esposizione del paraggio e al fetch, costituiscono importanti fattori di controllo sulla distribuzione dei TDS e sulla profondità di alcuni parametri deposizionali (come sembra verificato per i TDS presenti sui fondali dell'arcipelago eoliano).

Nella maggior parte dei casi segnalati, purtroppo, non sono disponibili dati di osservazione diretta sulle facies dei sedimenti costituenti i TDS e sulle associazioni faunistiche ad essi associate; ciò rende incerta la loro attribuzione ad uno specifico ambiente deposizionale.

L'interpretazione più comune data dagli autori per i TDS osservati a diverse profondità lungo i tratti delle coste italiane è quella che si tratti di cunei litorali o deltizi (es: TDS sui fondali dell'arcipelago toscano). Le motivazioni a sostegno di questa ipotesi sono molteplici: (I) la ottima correlabilità con paleolivelli marini (in particolare quelli che si ritrovano a -120 m., il livello del mare minimo raggiunto durante l'acme glaciale tardo-Quaternario); (II) le caratteristiche delle facies sedimentarie osservate nelle carote, che suggeriscono processi deposizionali altamente selettivi tipici dell'ambiente deposizionale di spiaggia; (III) le forti analogie delle geometrie esterne e interne (angoli dei *foreset*, superfici di riattivazione) che emergono dal confronto tra i profili sismoacustici dei TDS e gli esempi in affioramento di rampe di ad energia medio-alta (vedi Bacino di Crotone, MASSARI *et alii*, questo volume).

Un'interpretazione alternativa, basata su considerazioni più estesamente espresse in CHIOCCI & ORLANDO, 1996 e in CHIOCCI & ROMAGNOLI (questo volume), vede invece i TDS come cunei deposizionali di formazione interamente subacquea, sedimentatisi al di sotto del livello di base delle onde per mobilitazione e ridistribuzione dei sedimenti detritici prodotti dall'erosione litorale in risposta ad eventi meteo-marini di maggiore energia (*wave-formed terraces*). Secondo questa seconda interpretazione, i TDS riscontrati a basse profondità (come quelli osservati attorno ai complessi vulcanici eoliani e pontini, con ciglio deposizionale intorno a 20-35 m) rappresenterebbero corpi deposizionali di età molto giovane, connessi alla presente fase di alto stazionamento eustatico (ultimi 6 Ka) e quindi sostanzialmente riferibili a processi deposizionali attuali. A sostegno di questa ipotesi, vi sono: (I) la mancanza di continuità fisica di tali TDS con depositi litorali attuali (presenti, in tali settori costieri, sotto forma di rare *pocket beach* di limitata estensione e prevalentemente ghiaiose, compresi tra tratti a costa alta); (II) l'elevata acclività dei *foreset*, che sembra approssimare l'angolo di riposo dei materiali costituenti; (III) l'osservazione diretta di forme di fondo attive fino ad oltre -30 m al tetto in un TDS dell'arcipelago eoliano, testimonianti l'azione attuale del moto ondoso fino a tale profondità in occasione di eventi di tempesta.



## APPLICAZIONI 1: NEOTETTONICA

Uno dei classici campi di applicazione dello studio dei terrazzi marini costieri (al quale proposito si veda SPOSATO, questo volume) è la definizione della mobilità verticale del margine continentale. Attualmente la quota cui si rinvencono i depositi tirreniani è ancora il miglior indicatore dell'assetto neotettonico di un settore di costa per l'intervallo cronologico tardo Pleistocene-attuale (ultimi 125 ka circa) ovvero per l'ultimo grande ciclo glaciale/interglaciale.

Una simile applicazione è ipotizzabile anche (e forse maggiormente) per i terrazzi deposizionali sommersi, nonostante le differenze morfologiche, stratigrafiche e genetiche tra questi e i terrazzi costieri. Infatti anche i TDS sono controllati dal (paleo)livello del mare, come dimostrato dal fatto che essi si sviluppano sui fondali a profondità costante anche per decine di chilometri.

Esistono poi elementi che rendono particolarmente idonei i TDS per studi di neotettonica, tra cui: a) il fatto che essi siano facilmente identificabili, anche da un punto di vista esclusivamente batimetrico, e si possano seguire con continuità; b) l'assenza di erosione post-deposizionale in grado di alterarne i parametri deposizionali (essenzialmente profondità del ciglio); c) il fatto che essi rappresentino un buon "marker" soprattutto per stazionamenti molto recenti del livello del mare (20 ka o ancora più recenti), rispetto ai terrazzi costieri (120 ka o ancora più antichi).

Esistono, peraltro, anche delle limitazioni alla loro utilizzazione: a) la relazione tra la profondità dei principali parametri deposizionali dei TDS e il paleolivello del mare non è ancora del tutto chiarita e, nel caso dell'ipotesi di una loro genesi legata al livello di base del moto ondoso, fattori quali l'esposizione del paraggio e la rifrazione dei treni d'onda potrebbero assumere un'importanza rilevante (questa incertezza, che è un problema comune ai terrazzi costieri, non impedisce comunque un uso comparativo dei TDS nell'ambito di una stessa zona); b) il fatto che i TDS non sono sempre presenti (si formano solo su margini molto acclivi) e, dove presenti, sono localizzati di norma nella piattaforma esterna a una certa distanza da costa, dove alla neotettonica possono sommarsi gli effetti della subsidenza da carico dovuta alla piattaforma stessa; c) la usuale mancanza di datazioni dovuta alla difficile campionabilità, almeno con tecnologie di costo contenuto, dei depositi giacenti sui fondali.

Pur con le limitazioni ora descritte, alcune indicazioni di neotettonica sono state desunte da alcuni dei casi presentati in questo Atlante. Così, la graduale variazione di profondità (2m/km) del TDS nelle Isole Pontine occidentali è risultata congruente con l'entità del sollevamento stimata per una spiaggia olocenica nell'isola di Palmarola; la mancata osservazione di più ordini di terrazzi sommersi sulla piattaforma continentale calabrese è congruente con il sollevamento tettonico regio-

nale che avrebbe portato all'emersione e rimozione di tutti i TDS più antichi; infine è del tutto in linea con l'assetto vulcanotettonico la presenza, in zone caratterizzate da vulcanismo recente e/o attuale, di settori con differente o alternata mobilità verticale, contrapposta alla relativa stabilità di margini continentali dove si osservano TDS a profondità relativamente costante.

## APPLICAZIONI 2: CONFRONTO CON ANALOGHI LINEAMENTI PRESENTI IN CICLI PIÙ ANTICHI ALL'INTERNO DEI MARGINI CONTINENTALI

L'età (laddove sono stati prelevati campioni) e i meccanismi di formazione suggeriti per i TDS portano ad attribuire la maggior parte di queste forme a processi attivi in prossimità della linea di costa nel corso dell'ultimo basso stazionamento eustatico, durante il pleniglaciale würmiano, circa 20.000 anni fa.

Considerando le curve delle fluttuazioni glacio-eustatiche quaternarie desunte, ad esempio, dai rapporti isotopici dell'ossigeno nei gusci di foraminiferi bentonici in carote di fondo oceanico, è ragionevole attendersi che il livello del mare abbia stazionato a quote prossime a quelle raggiunte durante l'ultimo pleniglaciale circa ogni 100.000 anni. Le fasi di stazionamento basso del livello del mare rappresentano momenti di completo rinnovamento dei corpi sedimentari, per la caduta del livello di base, la migrazione verso mare di tutti gli ambienti deposizionali e l'emersione ed esposizione agli agenti esogeni subaerei di tutta la piattaforma continentale. La definizione di strutture (di morfologia molto peculiare) che possano essere considerate caratteristiche dei minimi eustatici (o di fasi di stazionamento durante una risalita discontinua del livello marino) ha, quindi, un indubbio interesse per l'interpretazione sismostratigrafica dei margini continentali, basata essenzialmente sul riconoscimento di geometrie deposizionali.

In particolare, se ci si sposta da coste molto acclivi e poco alimentate (dove i TDS spesso rappresentano la totalità dei corpi sedimentari presenti) a zone di margine continentale ben alimentate, la situazione diviene ancor più interessante: depositi cuneiformi del tutto simili ai TDS affioranti sui fondali, possono essere presenti all'interno della colonna sedimentaria, in genere costituita da unità sedimentarie piano-parallele potenti decine o centinaia di metri. Nelle situazioni più favorevoli si può anche osservare, a conferma della loro formazione in periodi di basso stazionamento eustatico, la loro ubicazione in corrispondenza di superfici di erosione, laddove queste perdono i caratteri erosivi in prossimità di paleocigli della piattaforma. La situazione in altri casi è meno definita (fig.2) e l'individuazione di TDS può essere l'unico elemento in grado di identificare riflettori indicanti momenti di minimo eustatico.

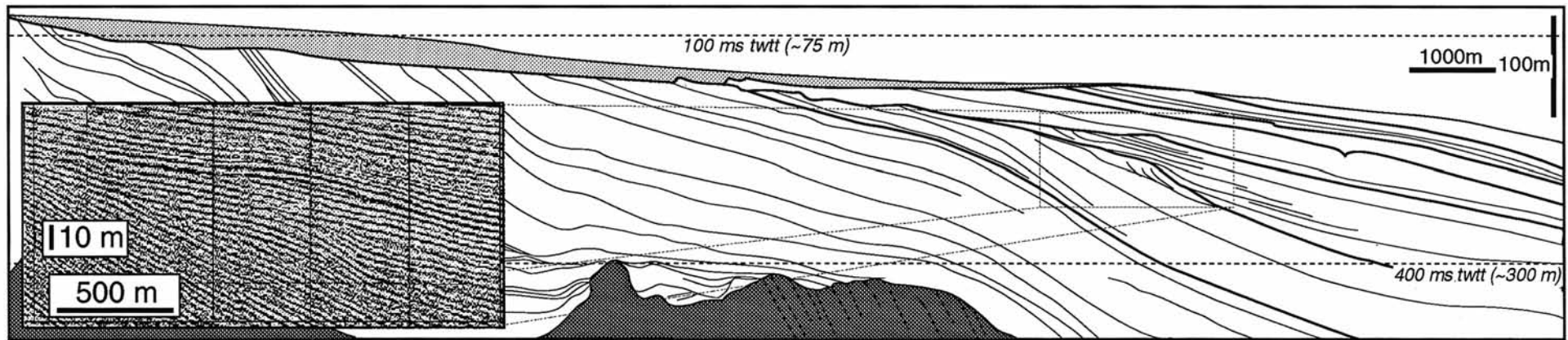


Fig. 2 - Profilo sismico Sparkler trasversale alla piattaforma al largo di capo Linaro (Lazio Settentrionale). Si osserva la presenza di TDS sepolti che marcano rotture di pendio di limiti di sequenza altopleistocenici, in corrispondenza della transizione tra superfici di inconformità e quelle di conformità ad esse correlate.

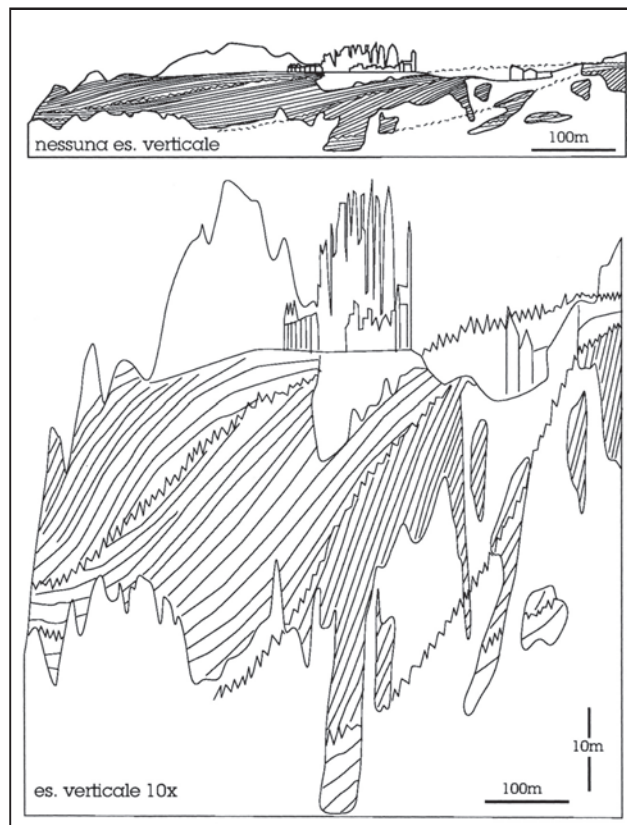


Fig. 3 - Il disegno di Fig. 3 potrebbe essere l'immagine sismica del deposito descritto da MASSARI (questo volume), se osservato con prospezioni di sismica marina (Fig. 2). Come si può osservare, l'aspetto generale del deposito è estremamente simile a quello dei TDS illustrati nell'Atlante, per la geometria sigmoidale della stratificazione (inclinazione dei clinoformi da alcuni gradi fino a 16°), per la presenza di superfici di erosione/riattivazione all'interno del deposito e anche per le dimensioni fisiche del deposito, simili a quelle descritte: 30-40 m di spessore, centinaia di metri di sviluppo nel senso della progradazione, alcuni km di sviluppo longitudinale.

### APPLICAZIONI 3: CONFRONTO CON DEPOSITI AFFIORANTI

L'acclività della superficie di base su cui giacciono i TDS è una delle principali caratteristiche comuni riscontrate nei diversi settori di studio. I TDS, infatti, sono presenti in margini continentali interessati da vulcanismo e/o da tettonica e proprio la vivacità geodinamica potrebbe spiegarne l'abbondanza nei mari italiani.

Se contesti tettonicamente attivi sono favorevoli alla formazione dei terrazzi deposizionali sommersi, è da attendersi che i relativi depositi possano anche essere coinvolti in sollevamenti regionali ed essere con relativa facilità ritrovati in affioramento. Questo è tanto più vero nei depositi quaternari dove è più forte il segnale eustatico, da cui i TDS sembrano essere particolarmente condizionati.

Nell'articolo di MASSARI *et alii* (questo vol.) viene descritto un deposito clinostratificato rilevato nel Crotonese. Da una fotografia del deposito è stata realizzata un'interpretazione schematica (*line-drawing*) che è stata deformata con l'aggiunta di un'esagerazione verticale simile a quella da cui sono affetti i profili sismici a riflessione ad alta risoluzione (Fig. 3).



## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I "terrazzi deposizionali sommersi" (come si è scelto di definirli nel corso del censimento che ha portato alla stesura di questo Atlante) sono un elemento morfo-deposizionale piuttosto comune nei nostri mari, tanto che tutti gli specialisti italiani operanti nel campo della geologia marina li hanno in qualche modo rilevati.

L'interesse scientifico per queste forme risiede nella loro "significatività e singolarità", in quanto facilmente riconoscibili, di limitate dimensioni, di costanti caratteristiche deposizionali e di precisa ubicazione fisiografica e stratigrafica.

Questi elementi sono tuttavia poco descritti nella letteratura scientifica, dove compaiono in maniera spesso occasionale. E' possibile che la loro dimostrata facilità di formazione (o di preservazione!) in tratti di margine continentale interessati da vulcanismo e tettonica attiva renda queste forme poco comuni in coste oceaniche (o, ad esempio, dominate da processi di marea). Viceversa, questi corpi deposizionali potrebbero essere particolarmente "mediterranei in senso lato", cioè comuni in zone di margini attivi, bacini marginali, isole vulcaniche.

La collaborazione tra i maggiori gruppi di geologi marini italiani per una definizione e caratterizzazione di queste forme - sintetizzata in questo volume - può quindi rappresentare un contributo della ricerca italiana per approfondire un lineamento di significato geologico più generale.