

## 10. INDAGINI A MARE

## INDICE

10.1. PREMESSA	pag.	135
10.2. RILIEVO BATIMETRICO	"	135
10.3. RILIEVO SIDE SCAN SONAR	"	135
10.4. RILIEVO UNIBOOM	"	140
10.5. CONCLUSIONI	"	141

## 10.1. PREMESSA

Data la particolare ubicazione dell'evento franoso del 13 dicembre 1982, che interessò il tratto di costa tra Ancona e Torrette, si resero necessarie indagini nell'area marina antistante la frana stessa.

Lo scopo era quello di indagare se il movimento franoso avesse interessato anche la parte marina, dove si riteneva fosse localizzato il piede della frana. Sono quindi stati eseguiti profili ecografici (batimetrici e Side Scan Sonar) e sismici ad alta risoluzione (UNIBOOM), tarati da alcuni sondaggi geognostici<sup>(1)</sup>, per fornire tutte le informazioni possibili sulla morfologia superficiale e sulla struttura del sottofondo. I dati geognostici si riferiscono a 10 sondaggi (Fig. 10.2) profondi fino a 45 m (sondaggio S). Sulle carote estratte sono state eseguite analisi micropaleontologiche ed in foro analisi geofisiche ( $\gamma$ -ray), permettendo così una corretta definizione litostratigrafica delle successioni perforate. Vengono qui riportati i risultati delle indagini svolte ed in parte pubblicate (BORTOLUZZI *et alii*, 1983 e CRESCENTI *et alii*, in corso di stampa).

I profili strumentali sono stati effettuati con l'ausilio di un sistema automatico di radioposizionamento e navigazione (BORTOLUZZI *et alii*, 1983). Nell'impostazione delle stazioni a terra si è tenuto conto dei rilievi eseguiti precedentemente e di eventuali futuri per le possibili correlazioni.

Per l'inquadramento geologico e per ogni altro dettaglio bibliografico sul fenomeno franoso, sui dati storici e di cronaca, nonché sulle caratteristiche geologiche e geomorfologiche si rimanda a CRESCENTI *et alii* (1983) ed agli altri articoli presenti in questo volume.

10.2. RILIEVO BATIMETRICO<sup>(2)</sup>

L'impostazione dei profili batimetrici ha avuto due

(\*)Istituto di Geologia Marina - C.N.R. - Bologna

(\*\*)Istituto di Biologia del Mare - C.N.R. - Venezia

<sup>(1)</sup>Si ringrazia la Camera di Commercio di Ancona per aver gentilmente messo a disposizione i dati dei sondaggi.

scopi principali: quello di ripetere i profili fatti dalla Società Aquater nel 1981 per conto della Regione Marche e quello di coprire la zona (con una maglia dell'ordine dei cento metri) che poteva, presumibilmente, essere interessata dal fronte franoso.

La zona rilevata si estende per una superficie di circa 5 kmq e va dalla zona industriale del porto al traverso dell'abitato di Torrette; è compresa in una fascia tra le isobate dei 3 e dei 10 metri ed è stata coperta da 25 miglia nautiche di profili (Fig. 10.1).

La carta batimetrica, in scala 1:5.000 (Fig. 10.2), è stata redatta utilizzando i dati delle registrazioni ecografiche in continuo, corretti dall'effetto di marea. La registrazione delle rotte dei profili è avvenuta sia per via grafica (plotter) sia su stampante, acquisendo ogni minuto le coordinate UTM del natante.

L'andamento abbastanza regolare del fondale è confermato dai risultati dell'indagine batimetrica: in due distinte zone sottocosta sono state però individuate due lievi depressioni. La più meridionale di queste ricorda la forma di un canale e potrebbe essere messa in relazione con il fosso il drenaggio che attraversa la vecchia frana Barducci.

Il confronto tra i profili Aquater (71N, 72N, 73N) e quelli in oggetto (L11, L12, L13) non rileva differenze significative se si eccettuano i profili L11 e 73N che differiscono tra loro nel tratto compreso tra l'isobata dei metri 6,5 e quella dei 9 metri. Tale differenza è però attribuibile all'influenza antropica (Fig. 10.3).

10.3. RILIEVO SIDE SCAN SONAR<sup>(3)</sup>

Lo studio dei rilievi S.S.S. ha permesso di escludere la presenza di significative irregolarità morfologiche entro una fascia di 500 metri da riva. Il fondo è risultato molto uniforme e regolare ad esclusione di due piccole zone localizzate in corrispondenza delle lievi depressioni rilevate e descritte nella batimetria. L'immagine acustica del fondo ha mostrato la presenza di depositi a granulometria grossolana; sembrerebbe trattarsi di materiali coerenti, anche con ciottoli di grandi dimensioni, dell'ordine di qualche decimetro cubo (Figg. 10.4 e 10.5).

Un'ipotesi, ben più attraente, ma per il momento meno confortata da evidenze dirette, suggerisce possa

<sup>(2)</sup>Il rilievo batimetrico è stato effettuato da G. BORTOLUZZI, P.V. CURZI & M. GASPERINI con strumentazione dell'I.G.M. (C.N.R., Bologna) e G. TRIGGIANI con strumenti dello I.A.M. (C.N.R., Genova).

<sup>(3)</sup>Il rilievo Side Scan Sonar è stato eseguito da A. STEFANON & S. RABITTI con la collaborazione di P.V. CURZI, M. GASPERINI & P. GALIGNANI, utilizzando una strumentazione dell'I. Biol. M. (C.N.R., Venezia) e dello I.A.M. (C.N.R., Genova).

CITTA' DI ANCONA - Zona frana Barducci -



Fig. 10.1 - Ubicazione dei profili batimetrici, UNIBOOM, Side Scan Sonar nella zona a mare antistante la frana.  
 Location map of bathymetric, UNIBOOM and Side Scan Sonar profiles carried out of the landslide.

CITTA' DI ANCONA - Zona frana Barducci -

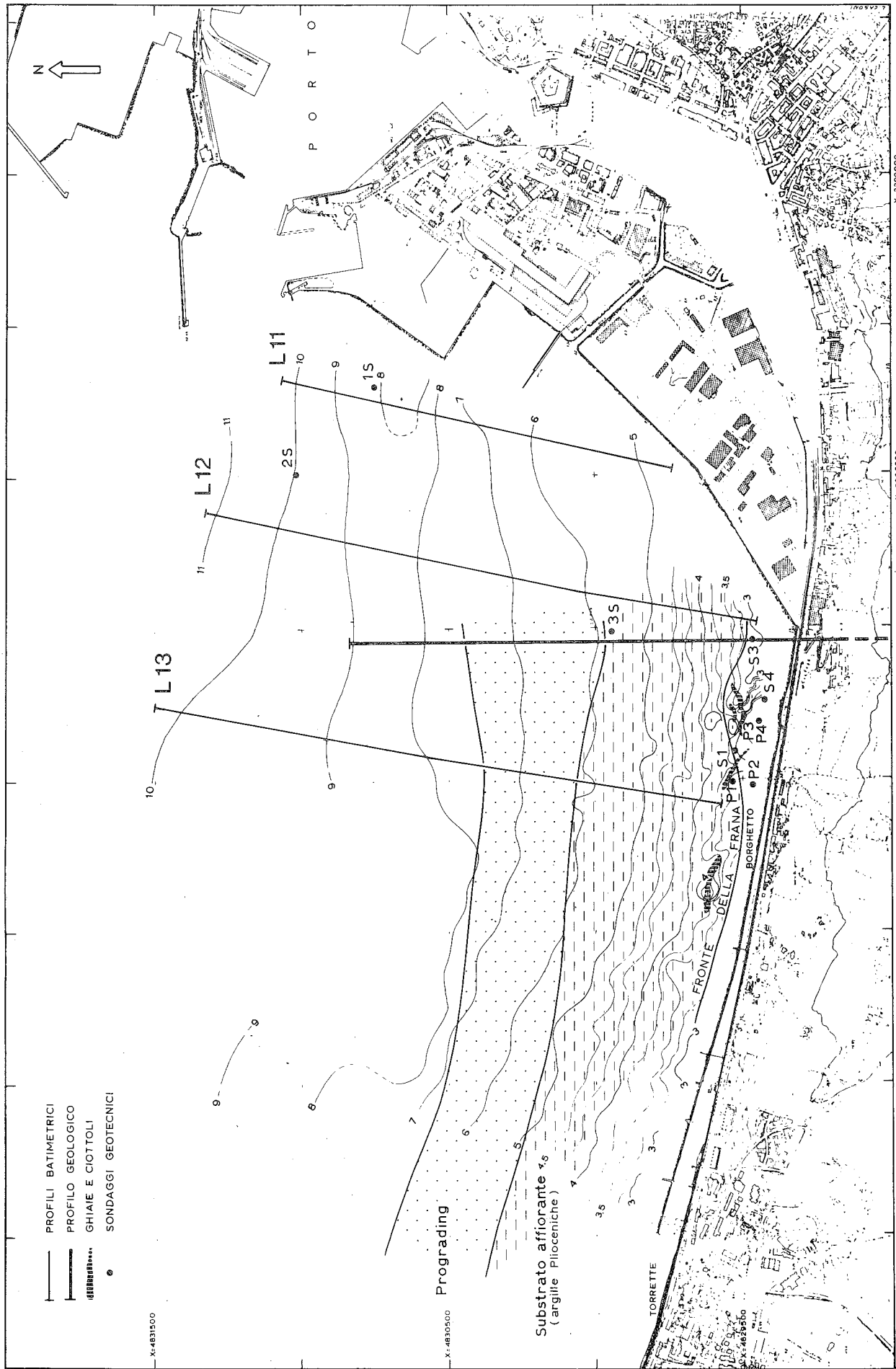
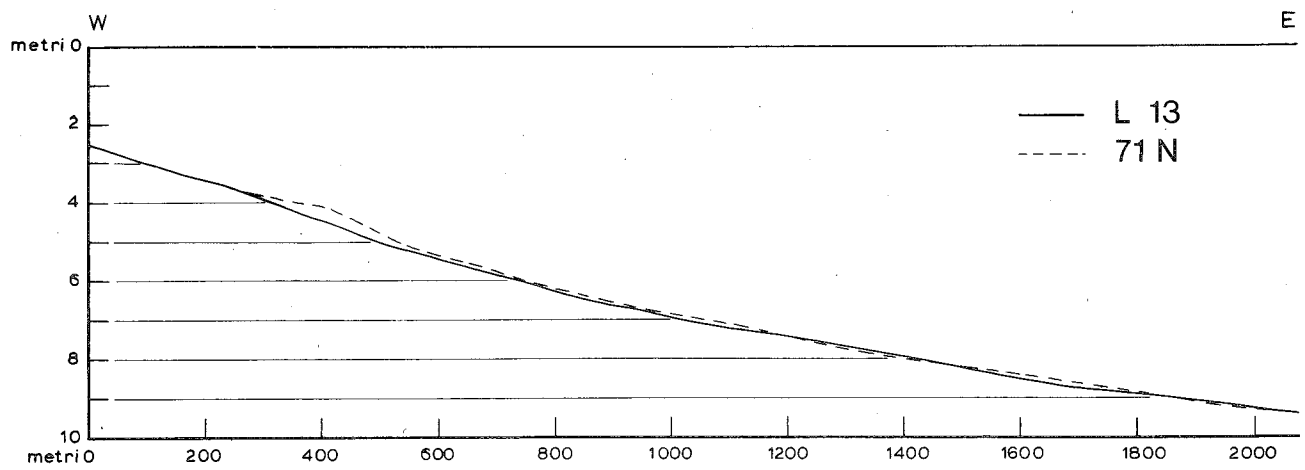
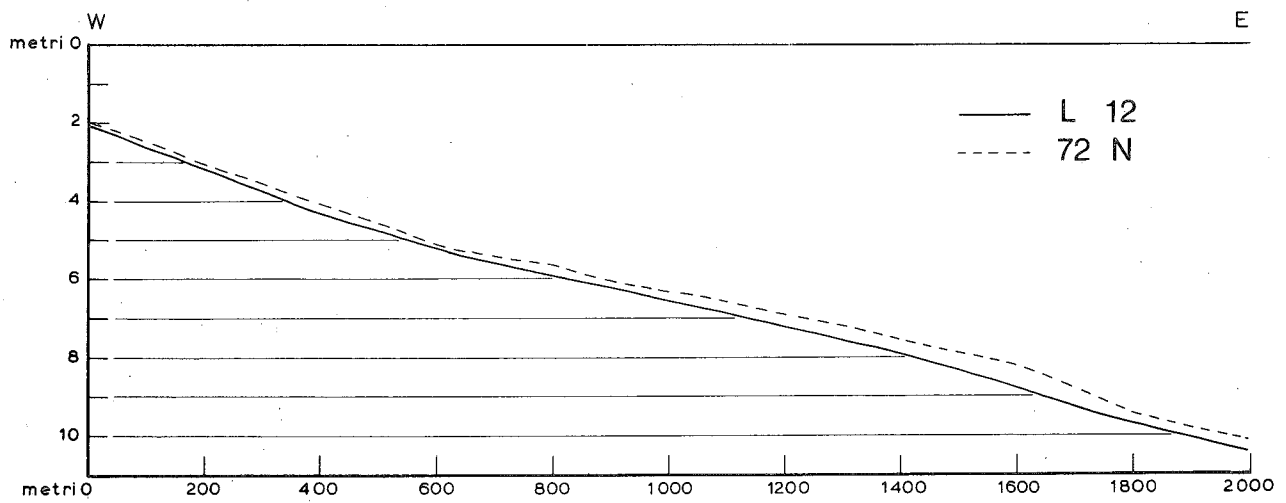
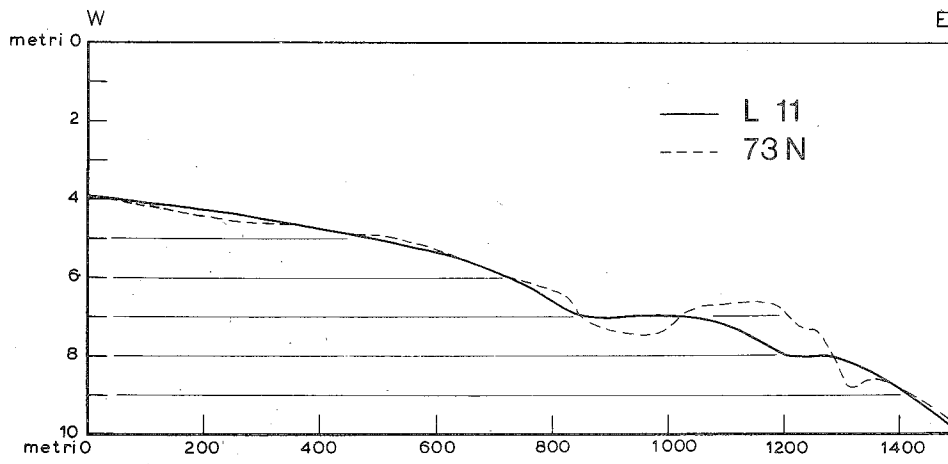


Fig. 10.2 - Batimetria di dettaglio della zona indagata, ricavata dall'interpretazione di profili batimetrici eseguiti in continuo e corretti, con l'ubicazione dei profili batimetrici restituiti in Fig. 10.3, dei sondaggi geognostici e della sezione interpretata parzialmente nella Fig. 10.8 ed interpretata geologicamente nelle Figg. 10.9 e 10.10. Bathymetric map of the studied area. The isobaths are in meters, tide corrected. The thick lines are the tracks of the bathymetric profiles illustrated in Fig. 10.3 and of the geologic section of Fig. 10.9 which is interpreted in Figs. 10.9 and 10.10. The geotechnical borings, used to calibrate the UNIBOOM profiles, are also located.



L 11, L12, L 13 = CNR

71 N, 72 N, 73 N Aquater

Fig. 10.3 - Profili batimetrici: confronto con i profili effettuati nel 1981 dall'Aquater.

The L11, L12, L13 bathymetric profiles carried out during January 1983 are compared respectively with the 71N, 72N, 73N bathymetric profiles carried out by AQUATER in 1981. The difference between 6.5 and 9 meters on profiles L11 and 73N is referable to anthropic influence.

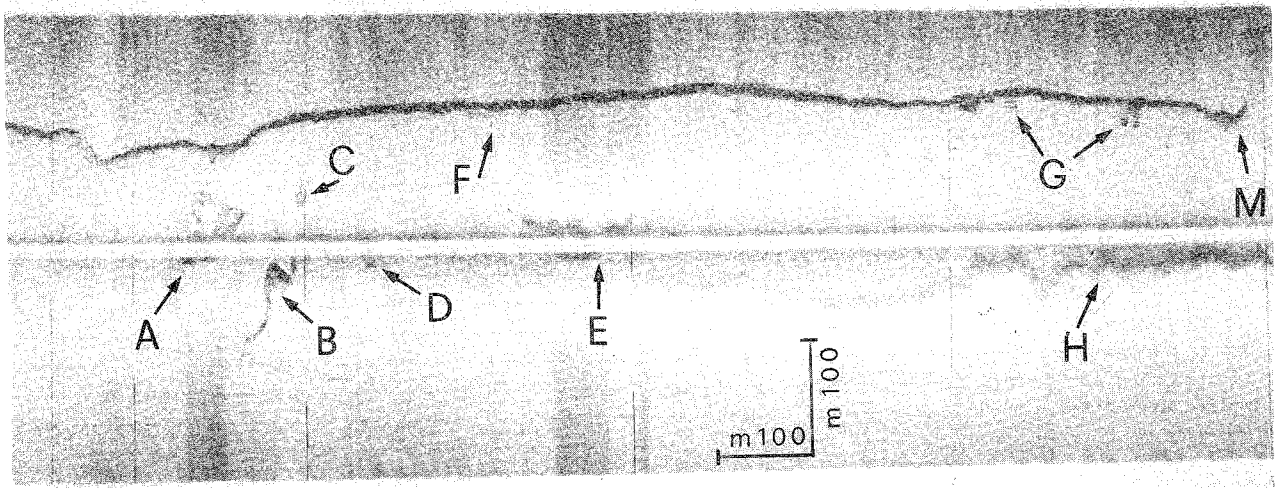


Fig. 10.4 - Immagine acustica (Side Scan Sonar) del fondo marino, paragonabile ad una aerofotografia in campo terrestre, in corrispondenza al fronte della "frana Barducci" ad Ancona. Con A,B,C,D,E sono indicate le zone del fondale a superficie molto irregolare con probabile ghiaia. In F sono indicati i corpi morti di alcune piccole boe. G indica le palafitte di sostegno di alcune baracche da pesca con bilancia. L'immagine della turbolenza lasciata in un precedente passaggio dall'elica dell'imbarcazione usata per il rilievo è indicata con H. La fine del molo frangiflutti è visibile in M.

*A Side Scan Sonar imagery, parallel to the shoreline, in front of the historical "Barducci" landslide. A,B,C,D,E indicate irregular surfaces of the sea bottom which is probably constituted of gravel. F indicates the bases of some little mooring buoys. G indicates the piles of the fishermen's huts. H indicates the wake left by the ship during a previous course. M is the breakwaters.*

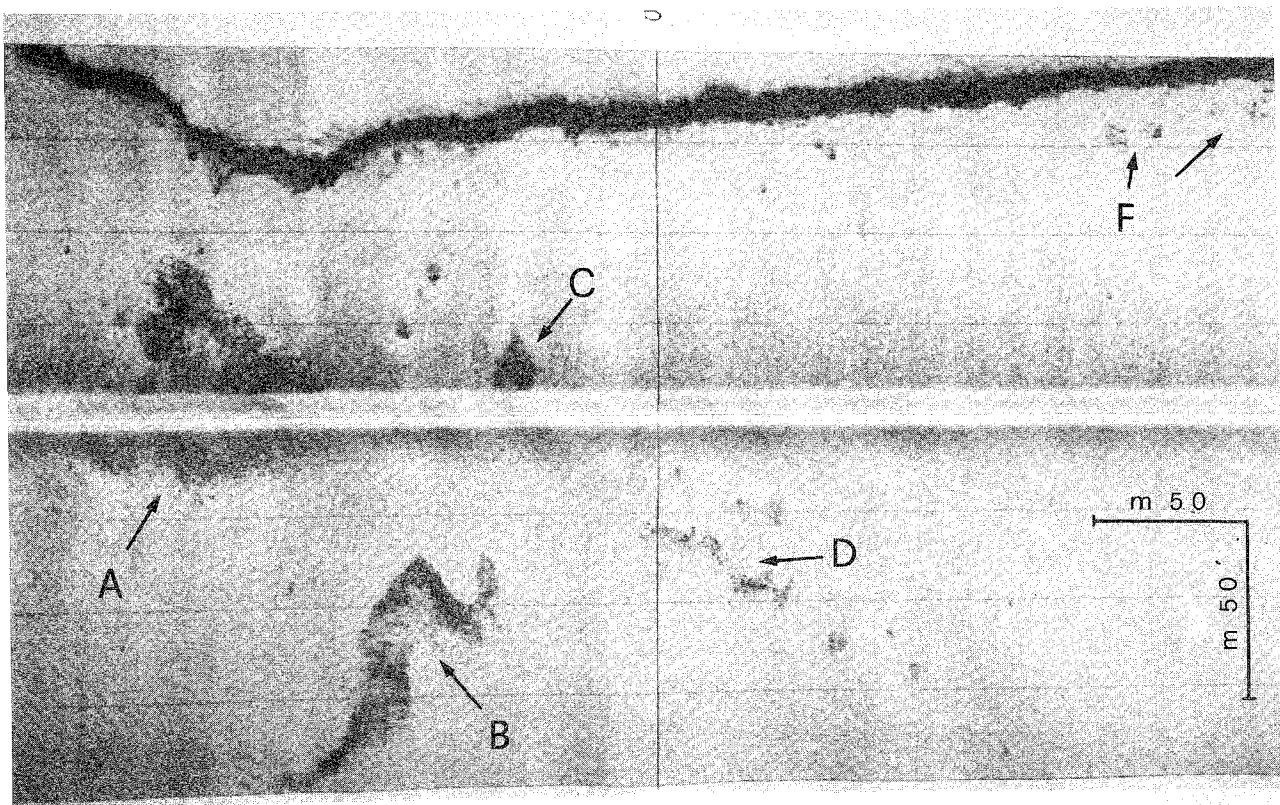


Fig. 10.5 - Immagine acustica (Side Scan Sonar) del fondo marino di un tratto prospiciente la frana "Barducci". Il favorevole rapporto di scala permette l'osservazione di dettagli anche molto piccoli. Con A, B, C, D, F si indicano le stesse zone di fondo ad alta risposta acustica riprodotte nella figura precedente, con la stessa simbologia. F indica i corpi morti di alcune piccole boe.

*Side Scan Sonar imagery of the same area shown in Fig. 10.4 but recorded at a more favourable scale. For symbols explanation refer to Fig. 10.4.*

trattarsi dei punti di fuoriuscita in mare delle acque che hanno mobilizzato la frana. La repentinità dell'arresto della fase di avanzamento starebbe ad indicare uno scarico rapido delle acque che hanno caricato e mobilizzato il corpo franoso, scarico sufficiente - qualora avvenuto in ambiente suacqueo - a formare sia le depressioni che i depositi di materiale grossolano.

Come ipotesi di lavoro si può ritenere che tali depositi corrispondano all'alveo di piccoli torrentelli, messo a giorno dall'erosione marina o/a frammenti più consistenti di antiche coltri in frana.

#### 10.4. RILIEVO UNIBOOM<sup>(4)</sup>

Lungo il tratto del litorale investigato, il rilievo ha messo in evidenza, sotto una sottile coltre di sedimenti attuali, un substrato fittamente e regolarmente stratificato, con giacitura a reggipoggio e pendenza intorno ai 10-15° più accentuata verso la zona industriale. (Figg. 10.6 e 10.7) Una superficie di erosione, sepolta sotto qualche metro di sedimenti quaternari è chiaramente identificabile lungo tutti i profili: essa ricorda una paleolina di riva oltre la quale, verso il largo, quasi

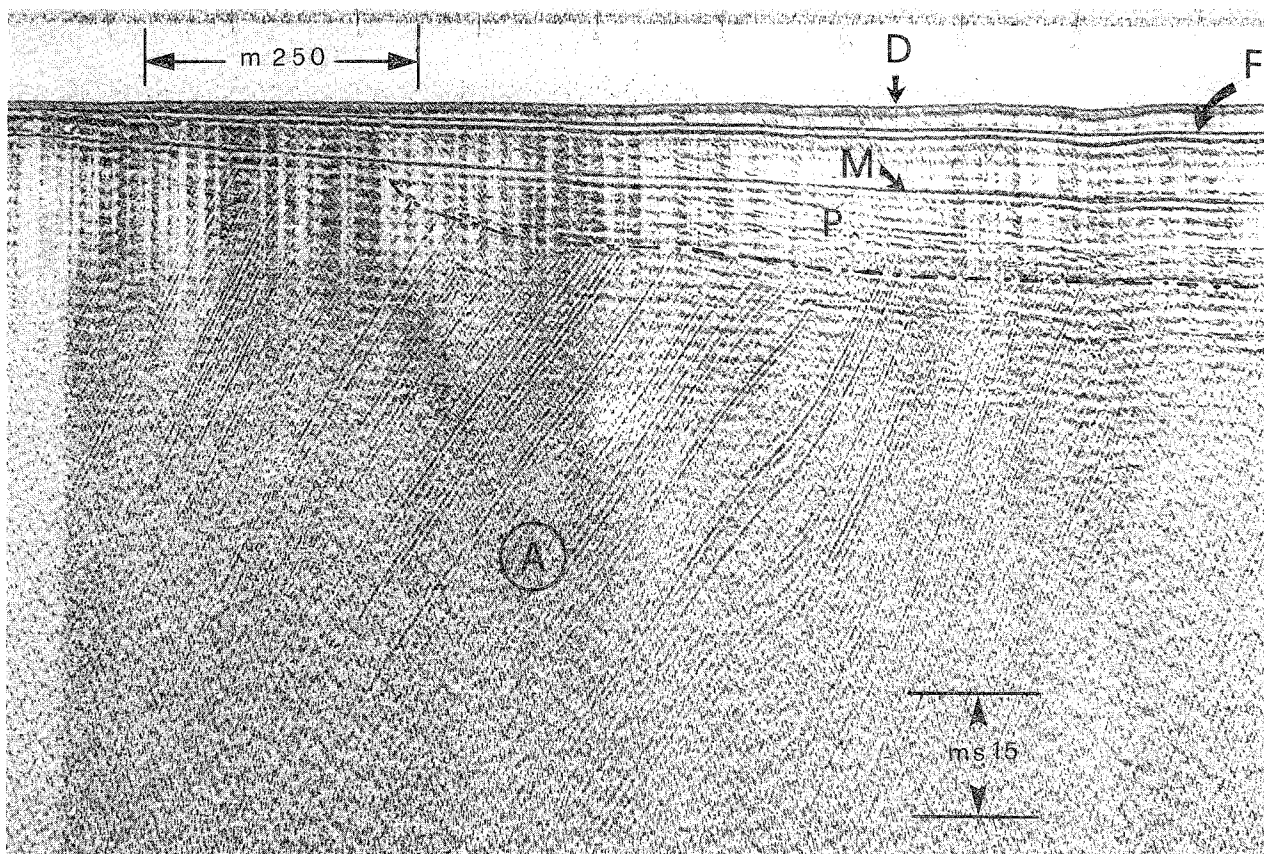


Fig. 10.6 - Sezione acustica del fondo marino tracciata, con andamento normale a riva, ai piedi della frana "Barducci" e rilevata mediante sistema microsismico ad alta risoluzione UNIBOOM. Con D si indica la traccia dell'impulso diretto, con F quella del fondo e con M l'immagine della prima multipla. Con riferimento alle sezioni geologiche di Fig. 10.9 si delinea chiaramente l'andamento delle argille plioceniche (A) praticamente affioranti (in alto, a sinistra) sotto una sottile coltre sabbiosa. Al centro dell'immagine inizia la fase di *prograding* (P, linea a tratto-punto). La bassissima profondità (1-2 m) alla quale è stato effettuato il rilievo è indicata dalla quasi coincidenza dell'impulso diretto con il primo eco del fondo. *Acoustic section of the subbottom recorded with UNIBOOM (high resolution, microseismic system) stretched perpendicular to the shoreline, in front of the "Barducci" landslide. Symbols explanations: D - direct arrival; F - sea bottom; M - first multiple. With reference to the geologic section of Figs. 10.8 and 10.9 the pliocenic clays (A) show their trend; they are practically outcropping (to the left) under a thin veneer of sands. A prograding (P) phase starts from the center of the figure towards offshore (to the right).*

<sup>(4)</sup>Il rilievo UNIBOOM è stato eseguito da A. STEFANON con la collaborazione di M. GASPERINI & P. GALLIGNANI, e l'assistenza di P. ZUCCHINI; sono state impiegate strumentazioni dell'I. Biol. M. (C.N.R., Venezia) e dello I.A.M. (C.N.R., Genova) e come mezzo nautico è stato utilizzato un piccolo "Boston Whaler" della Facoltà di Chimica Industriale dell'Università di Venezia.

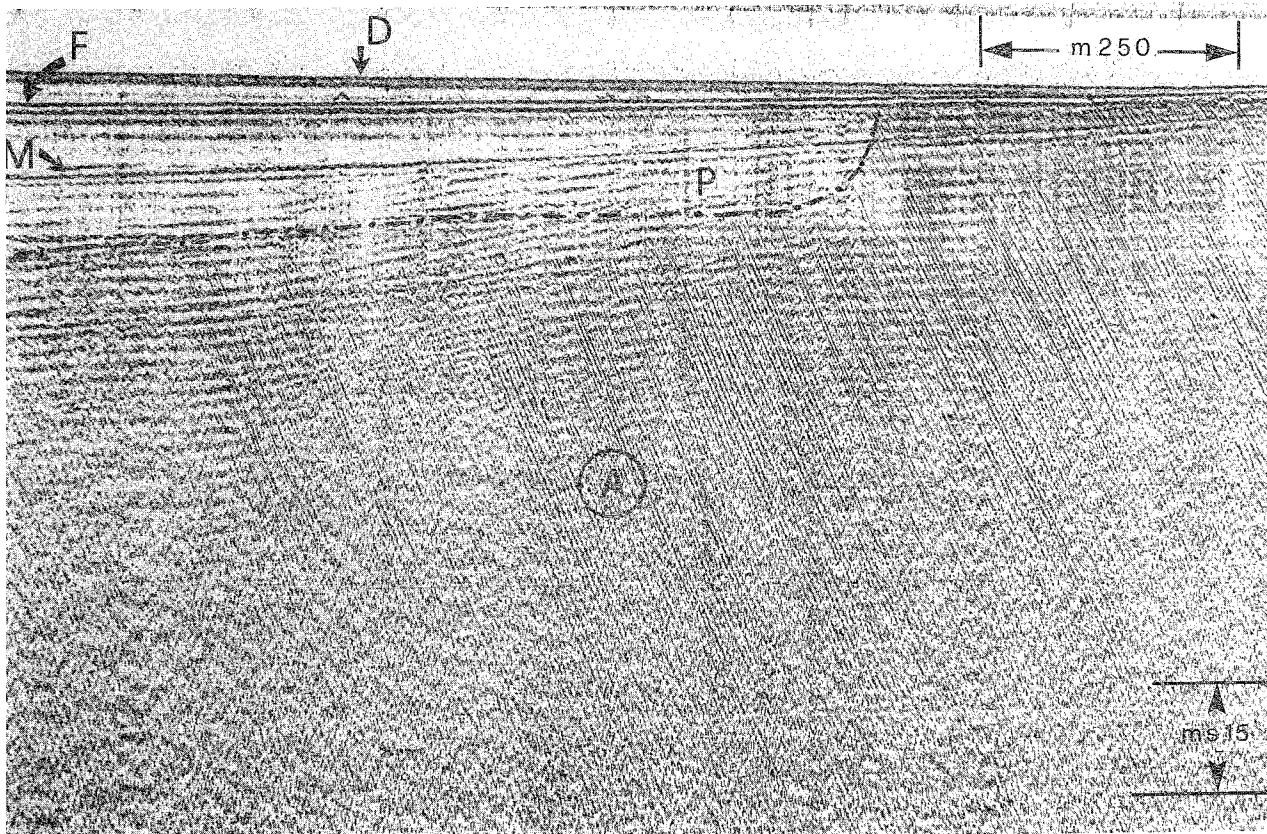


Fig. 10.7 - Sezione acustica del fondo marino, tracciata con andamento normale a riva, ai piedi della frana "Barducci", rilevata mediante il sistema microsismico ad alta risoluzione UNIBOOM. Con D si indica la traccia dell'impulso diretto, con F quella del fondo, e con M l'immagine della prima multipla. Con riferimento alla Fig. 10.9 si delinea chiaramente l'andamento delle argille plioceniche (A) praticamente affioranti vicino a riva (all'estrema destra) sotto una sottile coltre sabbiosa. Si noti (al centro, in alto) come l'inizio del *prograding* (P, linea tratto-punto) incida con una superficie di erosione le bancate di argilla. La quasi coincidenza dell'impulso diretto con il primo eco del fondo indica il bassissimo fondale (1-2 m) su cui è stato effettuato il rilievo, grazie all'impiego di tecniche speciali. *UNIBOOM profile perpendicular to the shoreline in front of the "Barducci" landslide. The profile is parallel to the one shown in Fig. 10.6 but the offshore is to the left. For explanation of symbols see Fig. 10.6.*

sempre si nota una successione di graduali, episodici avanzamenti, di tipo *prograding*. Tale paleolinea presenta una disposizione approssimativamente parallela a quella attuale e da questa dista 500 metri circa. La *facies* deposizionale a *prograding* è riconoscibile sino a circa un chilometro da riva (Fig. 10.2).

Nel tratto più sotto costa di alcuni profili è abbastanza evidente una serie di segnali acustici sicuramente attribuibili non a disturbi ma ad echi del sottofondo, che indicano una probabile discontinuità nei materiali e/o nella struttura del substrato pliocenico. Non si può escludere che detti segnali acustici corrispondano al piede della frana.

Particolari tecniche hanno consentito di limitare al massimo il disturbo dato dalle "multiple", anche a riva, ove i profili sono stati spinti sino ad un tirante d'acqua di circa un metro.

Il rilievo ha permesso di ipotizzare l'andamento del probabile piede di frana, e di indicare quello della fascia interessata dal *prograding*.

Alcuni sondaggi a percussione eseguiti in mare hanno consentito di tarare il rilievo Uniboom e di accertare che la fine stratificazione inclinata è costituita da argille del Pliocene inferiore. I dati dei sondaggi

coincidono con gli spessori della copertura, misurati dalle registrazioni sismiche in corrispondenza della struttura a *prograding* che, alla sua base, è intorno ai quindici metri.

## 10.5. CONCLUSIONI

Le indagini a mare nella zona antistante l'area della grande frana di Ancona del 13 dicembre 1982, hanno dato risultati pienamente soddisfacenti e di indubbia utilità pratica. Sono state infatti ottenute informazioni di carattere geologico e geomorfologico, non altrimenti attendibili, utili per una corretta conoscenza delle problematiche generali del territorio e del fenomeno franoso in particolare.

I dati raccolti, pur molto significativi, andrebbero integrati opportunamente per una migliore definizione sia delle strutture che della situazione paleogeografica.

Dal punto di vista geologico, l'area indagata (vedi Fig. 10.1) è situata sul prolungamento nord-occidentale della sinclinale di Tavernelle, costituito da argille e marne con sabbie del Pliocene inferiore debol-

mente immergenti verso sud-ovest. La formazione pliocenica è sormontata da una coltre caotica di origine franosa spessa fino a 20-25 m, estesa lungo la costa (vedi Fig. 10.8). Procedendo verso il largo, dapprima il Pliocene affiora in pratica direttamente sul fondo, per un'estensione di circa 400-500 m, essendo ricoperto solo da un sottile spessore di sedimenti sciolti attuali; poi presenta invece una copertura di sedimenti, verosimilmente tardo quaternari dello spessore di circa 15 m, che presentano quasi sempre strutture a *prograding*, appoggiate ad una piccola forma antica di erosione (paleoriva).

Dal punto di vista geomorfologico, sia il rilievo batimetrico che quello Side Scan Sonar, non hanno rivelato la presenza di sostanziali deformazioni imputabili all'evento franoso del 13.12.1982. Il rilievo Uniboom ha evidenziato invece un'interessante morfologia del substrato pliocenico (Fig. 10.8), per la cui interpretazione è necessario ricorrere alle caratteristiche geomorfologiche del versante franoso (CRESCENTI *et alii* 1983), oltre che ai recenti dati sull'evoluzione olocenica del mare Adriatico (COLANTONI *et alii*, 1979; 1980).

Poiché la *prograding* non è chiaro in tutti i profili Uniboom e i sedimenti che hanno riempito la depressione ad oriente della paleofalesia non sono stati definiti dal punto di vista stratigrafico e paleoambientale, si possono formulare due ipotesi sull'evoluzione geomorfologica del versante interessato dalla frana.

1 - Prima della trasgressione flandriana (Fig. 10.9.1) l'area indagata era soggetta a movimenti gravitativi di massa profondi, che probabilmente sono evoluti con tipologia analoga a quella riconosciuta per l'attuale versante in frana. Vi si doveva cioè essere instaurato un meccanismo di scorrimento roto-traslativo profondo, a prevalente componente traslativa, che determinava una morfologia caratterizzata dal tipico succedersi di scarpate (tratti di versanti acclivi) e trincee (tratti circa pianeggianti con contropendenze), queste ultime significative di sprofondamenti. Durante la trasgressione flandriana (Fig. 10.9.2 e 10.9.3) nella zona si debbono essere formate linee di costa successivamente migranti verso sud-ovest e probabilmente una stasi della trasgressione deve aver creato o accentuato la paleo linea di riva. Tale stasi può essere correlata a quella riconosciuta nel delta del Po (CIABATTI, 1969) e nell'Alto Adriatico (COLANTONI *et alii*, 1980) e quindi databile a circa 6-8.000 anni fa.

La depressione lungo costa, corrisponderebbe così ad un'antica trincea realizzatasi quando il livello del mare era più basso dell'attuale e successivamente (durante l'Olocene) riempita da colate mobilizzate nella coltre superficiale. Il bordo verso mare della depressione è probabilmente anche percorso da gradini antitetici, mentre il tratto di fondale con substrato pliocenico quasi affiorante corrisponderebbe ad una antica linea di riva erosa, prodotta dall'erosione subaerea durante il/i periodo/i glaciale/i e successivamente rimodellata dalla trasgressione flandriana, sostanzialmente d'accordo con quanto riferito da COLTORTI *et alii*, (1983).

2 - Un'ipotesi alternativa può essere avanzata per l'evoluzione quaternaria della zona marina che va dall'alto costituito dalle argille plioceniche, verso il largo (Fig. 10.10).

Durante uno degli ultimi interglaciali (Tirreniano?) quando il mare era più alto di quello attuale (Fig. 10.10,

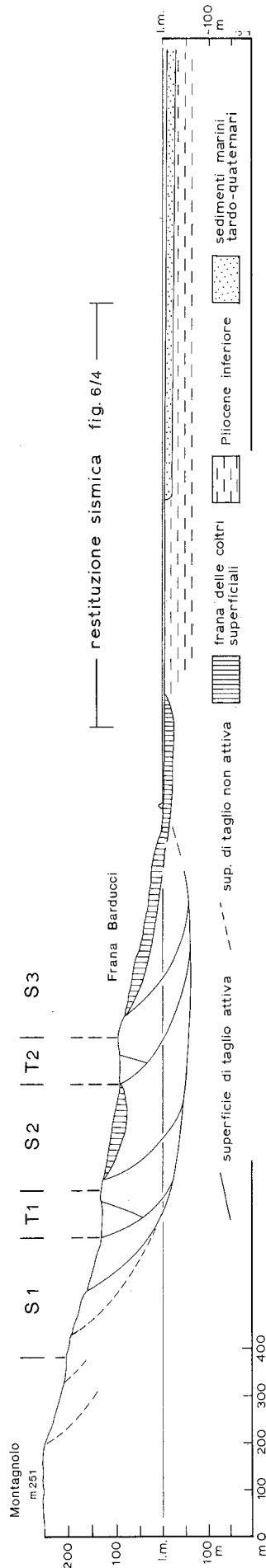


Fig. 10.8 - Sezione interpretativa del fenomeno franoso dal versante del Montagnolo (quota m 251) all'area marina antistante. Interpretative section of the landslide from the Montagnolo hill (251 m) to the sea.



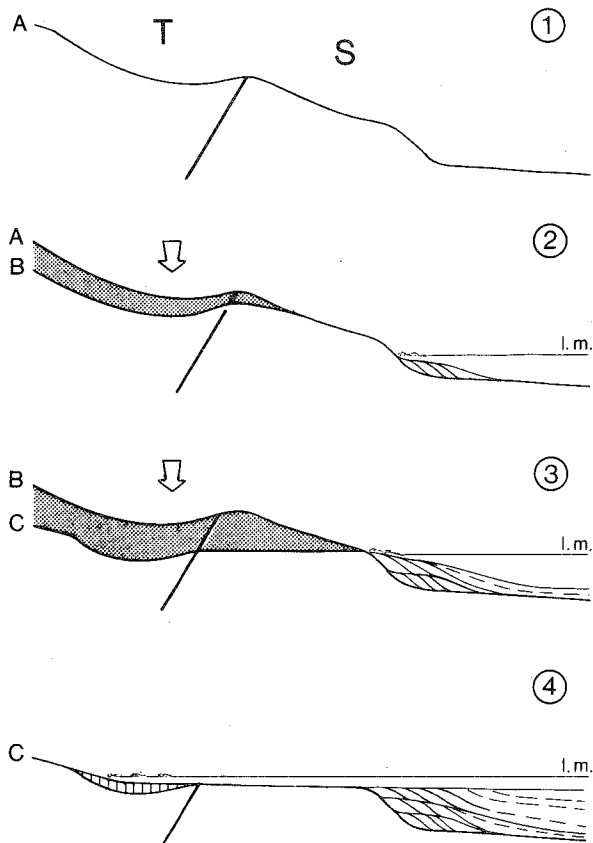


Fig. 10.9 - Interpretazione dell'evoluzione morfologica dell'area marina antistante la zona in frana (1<sup>a</sup> ipotesi). Schematic representation of the morphologic evolution of the sea area in front of the "Barducci" landslide (First hypothesis: the sediments filling the excarpment are considered holocenic).

A) la sedimentazione terrigena che proveniva dalla frana ricopriva le argille plioceniche e colmava la depressione posta verso il largo, disponendosi a *prograding*. Successivamente, con l'abbassamento del livello del mare di almeno 120 m legato all'ultimo glaciale, la zona deve essere stata sottoposta all'erosione subaerea. Si può supporre anche che le argille plioceniche siano state interessate dall'erosione meno dei sedimenti pleistocenici, scarsamente coesivi (Fig. 10.10, B).

Durante questa fase, il versante doveva essere regolato da un meccanismo di scorrimento roto-traslattivo profondo, simile a quello già descritto nella precedente ipotesi. Con l'ingressione marina, dovuta alla trasgressione flandriana, si è avuto quindi uno spianamento del fondale marino, dotato dapprima all'azione del moto ondoso e successivamente alla deposizione di una sottile coltre di sedimenti olocenici (Fig. 10.10, C).

Con ambedue le interpretazioni verrebbe a confermarsi il carattere di franosità millenaria del versante del Montagnolo, ancora oggi in crisi di stabilità.

#### ABSTRACT

Geological and geotechnical marine surveys carried out in front of the landslide that occurred in the vicinity of Ancona on December 13<sup>th</sup> 1982, have supplied geomorpholo-

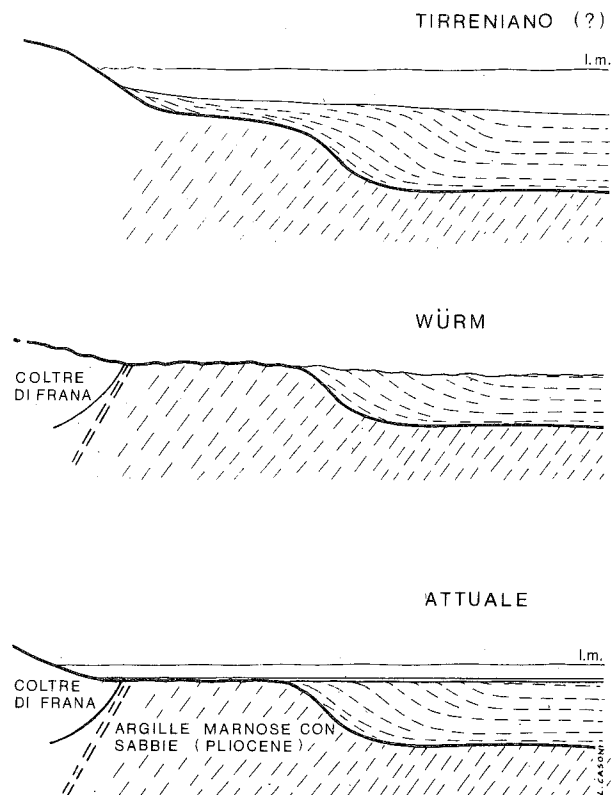


Fig. 10.10 - Interpretazione dell'evoluzione morfologica dell'ara marina antistante la zona in frana (2<sup>a</sup> ipotesi). Schematic representation of the morphologic evolution of the sea area in front of the "Barducci" landslide (Second hypothesis: the prograding sediments are considered pleistocenic, overlain by a thin veneer of holocenic sediments).

gical and geological information on the sea bottom. The data collected are useful for a correct interpretation of general environmental problems and in particular of the landslide phenomenon.

The area studied is located on the northwestern extension of the Tavernelle syncline, whose substratum consists of clays and marls with sands of the lower Pliocene gently dipping towards South-West. The pliocenic formation lies under a chaotic landslide cover of 20-25 m that extends on the shoreline (Fig. 10.8). The pliocene crops out at sea close to the shore at first for about 400 - 500 m, where it is covered by a thin veneer of recent sediments. Further offshore, a prograding sediment cover, about 15 m thick, occurs.

Bathymetric and Side Scan Sonar surveys have not shown evident deformations related to the landslide event of 1982. The UNIBOOM survey (controlled by later geotechnical boreholes) has pointed out the morphology of the pliocenic substratum; from its interpretation it is necessary to take into account the geomorphological characteristic of the landslide slope (CRESCENTI *et alii*, 1983) and the Adriatic Sea evolution during Pleistocene-Holocene (COLANTONI *et alii*, 1979, 1980).

Before flandrian transgression, the study area was affected by deep gravity sliding movements. Their evolution was probably similar to the one that is recognized in the actual landslide slope. Two hypothesis (Figs. 10.9 and 10.10) are presented about the late-Quaternary geomorphologic evolution of the landslide slope at sea.

Both interpretations would confirm the millenarian landslide slope, which is still unstable today.

#### OPERE CITATE

- AQUATER (1961) - *Studio generale per la difesa delle coste*. Ancona, Regione Marche.
- BORTOLUZZI G., CURZI P.V., CALLIGNANI P., GASPERINI M., RABITTI S. & STEFANON A. (1963) - *Rapporto sulle indagini effettuate in mare in relazione alla frana di Ancona*. Relazione Commissione C.N.R., 7 dicembre 1983. Ancona.
- CIABATTI M. (1969) - *Ricerche sull'evoluzione del delta padano*. Giorn. Geol., 34, 1-26.
- COLANTONI P., CURZI P. & GALLIGNANI P. (1978) - *Caratteristiche generali del fondo e del sottofondo della piattaforma continentale tra Ancona e la foce del fiume Reno, in ricerche sulla piattaforma continentale dell'Alto Adriatico*. P.F. Oceanografia e Fondi Marini del C.N.R., Quaderno N. 1, 15-27.
- COLANTONI P., GALLIGNANI P. & LENAZ R. (1980) - *La piattaforma continentale dell'alto Adriatico dalla foce del Reno a Venezia: Evoluzione ed ambienti di sedimentazione tardo-pleistocenici ed olocenici*. P.F. Oceanografia e Fondi Marini del C.N.R., Quaderno N. 2.
- COLTORTI M., DRAMIS F., GENTILI B., PAMBIANCHI G., CRESCENTI U. & SORRISO-VALVO M. (1963) - *The december 1982 Ancona landslide: a case of deep-seated gravitational slope deformation evolving at unsteady rate*. Zeitschrift für Geomorphologie (in stampa).
- CRESCENTI U., CIANCETTI G.F., NANNI T., RAINONE M., TAZIOLI G.S., VIVALDA P., COLTORTI M., DRAMIS F., GENTILI B., PAMBIANCHI G., MELIDORO G., SEMENZA E. & SORRISO-VALVO M. (1963) - *La grande frana di Ancona del 1982*. Assoc. Geot. Ital., Atti 15° Convegno Nazionale di Geotecnica. Spoleto 4-6 maggio 1983, 3, 31-46.
- CRESCENTI U., CURZI P.V., GALLIGNANI P., GASPERINI M., RAINONE M. & STEFANON A. (in stampa) - *La frana di Ancona del 13 dicembre 1982: indagini a mare*. Mem. Soc. Geol., 27.