

STUDIO DELLE CARATTERISTICHE MORFOEVOLUTIVE QUATERNARIE DELLA PIANA DEL GARIGLIANO *

D. Abate⁽¹⁾ - T. De Pippo⁽²⁾ - M. Ilardi⁽¹⁾ - M. Pennetta⁽²⁾

⁽¹⁾c/o Dipartimento di Scienze della Terra, Università "Federico II", Napoli

⁽²⁾Dipartimento di Scienze della Terra, Università "Federico II", Napoli

* Lavoro svolto con cofinanziamento MURST 97, Programma di Ricerca:
"Risposta dei processi geomorfologici alle variazioni ambientali"

Responsabile Nazionale: A. Biancotti; Responsabile Locale: L. Brancaccio.

ABSTRACT - *The Quaternary morpho-evolutionary characteristics of the Garigliano River plain (Central-Southern Italy).* The reconstruction of the morpho-evolution of the coastal Plain of the Garigliano river during the Quaternary has been carried out on the basis of emerged deposits, the present form of the Plain and the analysis of 150 borings. Seven units have been identified in the borings representing undifferentiated terrestrial deposits of Holocene age, marshy deposits alternating with marine sediments of lower-middle Pleistocene and Holocene age. Middle Pleistocene beach sediments are also present, along with unworked Lower-Middle Pleistocene volcanic deposits, reworked volcanoclastic sediments and sediments of fluvial environment of probable Middle-Upper Pleistocene age. The lowest stratigraphic unit is made up of arenaceous flysch deposits of the Upper Miocene and Mesozoic limestones.

The Plain is currently filled by fluvial, coastal-marine, mud-marshy deposits and volcanoclastics sediments of the Roccamonfina and of the Campi Flegrei district. The fluvial facies represent the most recent sedimentation of the Plain, while the volcanoclastics sediments constitute the more ancient deposits (middle-lower Pleistocene).

Morphological investigations have identified 5 orders of terraces, in a high interval of between 2 and 25 m, the genesis of which is linked to the interaction between glacio-eustatic oscillations and neo-tectonics events.

The more recent morphological elements in the Plain are represented by the terraces of the 5th order, shaped after the lowering of the base level and a phase of planation that has affected the Eutyrrhenian dune, as well as by the Holocene dune located along the shore of the Plain.

RIASSUNTO - *Studio delle caratteristiche morfoevolutive quaternarie della Piana del Garigliano.* La ricostruzione degli eventi morfoevolativi che hanno interessato la Piana costiera del F. Garigliano durante il Quaternario è stata effettuata mediante lo studio dei depositi affioranti e delle forme presenti nella Piana nonché mediante l'analisi di 150 sondaggi geognostici. L'analisi delle successioni stratigrafiche recuperate da tali sondaggi ha consentito di individuare 7 unità rappresentate da terreno vegetale e terreno di riporto indifferenziato dell'Olocene, depositi di ambiente limno-palustre alternati a sedimenti marini di età compresa tra il Pleistocene medio-inferiore e l'Olocene, sedimenti di spiaggia del Pleistocene medio, depositi vulcanici in giacitura primaria del Pleistocene medio-inferiore, piroclastiti rielaborate e sedimenti d'ambiente fluviale depositatisi presumibilmente dopo il Pleistocene medio-superiore, ed infine depositi pre-quaternari costituiti dai flysch arenacei del Miocene superiore e dai calcari mesozoici.

La Piana attualmente risulta colmata da depositi fluviali, marino-costieri, limno-palustri e dai prodotti piroclastici provenienti sia dal Roccamonfina che dal distretto dei Campi Flegrei. Le facies fluviali rappresentano la sedimentazione più recente della Piana, mentre le vulcanoclastiti costituiscono i depositi più antichi (Pleistocene medio-inferiore).

Le indagini morfologiche hanno consentito di evidenziare 5 ordini di terrazzi, in un intervallo altimetrico compreso tra i 2 e i 25 m, la cui genesi è correlabile all'interazione tra le oscillazioni glacioeustatiche e gli eventi neotettonici.

Gli elementi morfologici più recenti nel quadro morfoevolutivo della Piana sono rappresentati sia dai terrazzi di V ordine, formati a seguito dell'abbassamento del livello di base ed una fase di planazione che ha inciso la duna eutyrrheniana, sia dalla duna olocenica presente lungo il litorale della Piana.

Parole chiave: Geologia, Geomorfologia, Quaternario, Piana costiera del Garigliano, Appennino meridionale.

Key words: Geology, Geomorfology, Quaternary, Garigliano coastal plain, Southern Appennine.

1. INTRODUZIONE

La Piana Campana con una superficie di 1350 km² costituisce la più vasta delle pianure costiere del Margine Tirrenico Meridionale. Ampia circa 50 Km, presenta una forma rettangolare sviluppandosi per 150 Km in direzione NW-SE (Brancaccio et al., 1995). Essa è ubicata in corrispondenza di una depressione tettonica individuata all'inizio del Pleistocene (Cinque et al., 1987), impostata su substrato carbonatico, ed è delimitata da faglie con direzione antiappenninica. Queste ulti-

me hanno generato il graben costiero e la concomitante surrezione dei massicci carbonatici meso-cenozoici degli Arunci e del Massico che attualmente bordano la Piana del Garigliano, rispettivamente a NW e a SE. Il M. Massico, il cui margine meridionale risulterebbe ancora attivo (Billi et al., 1997), rappresenta un horst ad andamento antiappenninico che separa le piane alluvionali del fiume Garigliano, verso N, e del fiume Volturno, verso S.

Nel Pliocene superiore lungo le fratture che limitano la depressione, si è succeduta un'intensa attività vul-

canica che ha prodotto la genesi e lo sviluppo dei distretti vulcanici del Roccamonfina (Ballini et al., 1989), dei Campi Flegrei (Di Girolamo et al., 1984) e del Somma-Vesuvio (Alessio et al., 1974). Durante quest'ultima fase, il graben veniva colmato da depositi terrigeni, potenti alcune migliaia di metri, di origine marina, continentale e di transizione, intercalati a prodotti piroclastici e lavici provenienti dai centri vulcanici prima citati (Bernasconi et al., 1981; Capaldi et al., 1985; Delibrias et al., 1979; Di Girolamo et al., 1988), dando origine ad una serie di pianure costiere tra cui quella del Fiume Garigliano.

Nel presente lavoro si è inteso analizzare i rapporti tra le superfici terrazzate e i depositi vulcanoclastici della bassa valle del Fiume Garigliano (Fig. 1), al fine di avere un quadro dell'evoluzione geomorfologica di quest'area. Le indagini si sono articolate soprattutto attraverso lo studio dei depositi affioranti e l'analisi della morfologia in esame, nonché attraverso l'analisi di sondaggi geognostici effettuati nell'area. Lo studio dei depositi superficiali ha consentito di esaminare forme epiclastiche di origine continentale, le coperture piroclastiche e alcuni affioramenti marini. L'analisi dei sondaggi ha consentito, inoltre, la costruzione di numerose sezioni geologiche dell'area di studio (Fig. 2) attraverso le quali è stato possibile effettuare una ricostruzione cronologica dell'evoluzione morfologica della Piana. Lo studio geomorfologico, infine, ha riguardato in particolare modo le superfici terrazzate presenti nell'area, ed è risultato uno strumento determinante per la ricostruzione dei principali eventi che hanno condizionato l'evoluzione dell'attuale Piana del Garigliano.

2. GEOLOGIA

La vasta pianura costiera del fiume Garigliano (Fig. 3) risulta delimitata dalle dorsali carbonatiche del Monte

Massico a SE, e degli Aurunci orientali a NW, dal Golfo di Gaeta a SE e dall'apparato vulcanico del Roccamonfina a NE. I rilievi carbonatici meso-cenozoici dei Monti Aurunci e del M. Massico afferiscono in parte all'unità Matese-M. Maggiore (piattaforma carbonatica Abruzzese-Campana), e in parte all'unità stratigrafico-strutturale dei M. Picentini-Taburno (piattaforma Campano-Lucana).

L'unità Matese-M. Maggiore presenta una successione quasi interamente carbonatica sigillata da depositi torbiditici in facies di flysch (D'Argenio et al., 1973).

L'unità dei M. Picentini-Taburno è invece caratterizzata, alla base, da una successione calcareo-dolomitica su cui sono presenti i depositi torbiditici trasgressivi del Miocene

I depositi quaternari presenti nell'area sono costituiti da depositi fluviali, da depositi marino-costieri, da depositi limno-palustri e da prodotti piroclastici provenienti dai distretti vulcanici del Roccamonfina e dei Campi Flegrei.

Le litofacies fluviali sono ampiamente diffuse in tutta l'area esaminata e rappresentano la sedimentazione più recente della Piana. Esse sono costituite da sedimenti sciolti, con granulometrie comprese tra le sabbie e i limi, spesso alternati a depositi ghiaiosi e livelli particolarmente ricchi di sedimenti vulcanici.

La facies marino-costiera è caratterizzata dai depositi dunari di età olocenica e dai depositi di duna riferibili all'Eutirreniano (Brancaccio et al., 1989). La duna più recente, parallela alla linea di costa, è costituita da sabbie attuali di spiaggia di colore grigio giallastro con elementi quarzosi e calcarei. Quella più antica, parallela alla costa attuale, è ubicata in posizione più interna, a circa 3 km dalla costa attuale, con quote massime di 5 m s.l.m., ed è costituita essenzialmente da sabbie quarzose debolmente cementate di colore rossastro, contenenti sedimenti piroclastici sciolti.

I sedimenti argillosi, localmente sabbiosi, con abbondante humus e livelli di torba, riferibili a depositi

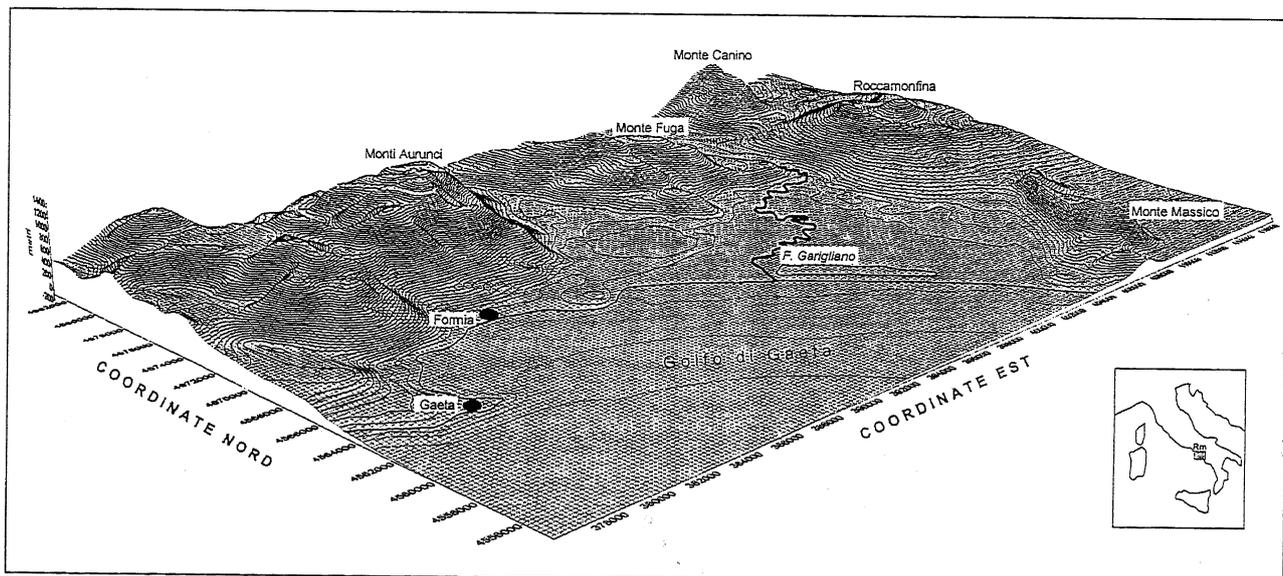


Fig. 1 - Visione prospettica dell'area in studio (coordinate secondo il sistema UTM ED50).

Perspectival view of the study area (coordinates according to the UTM system ED50).

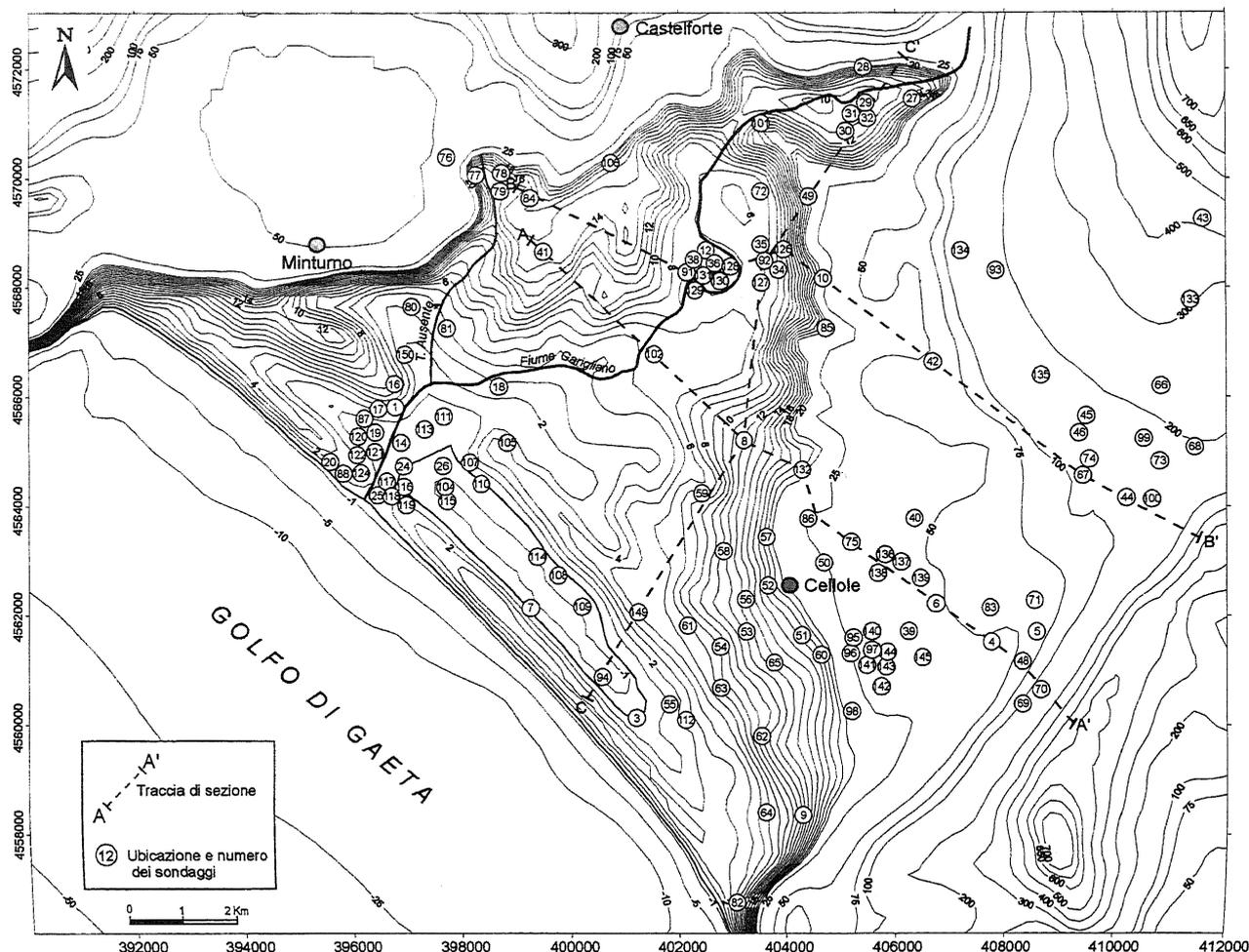


Fig.2 - Area in studio con ubicazione dei sondaggi e delle tracce di sezione.

Study area with boreholes location and traces of section.

limno-palustri, costituiscono il riempimento di zone depresse, occupate in tempi passati da specchi d'acqua presenti nelle aree retrodunari; al colmamento naturale si è poi aggiunto quello artificiale delle opere di bonifica.

I prodotti vulcanoclastici affioranti, rappresentati dalle piroclastiti provenienti dall'attività vulcanica del Roccamonfina e dei Campi Flegrei, sono suddivisi in tre unità deposizionali con differenti caratteristiche. In particolare, la più antica è prevalentemente stratificata, la seconda si presenta sotto forma di colate di breccie piroclastiche mentre la terza è costituita dall'Ignimbrite Campana, i cui depositi coprono la Piana Campana e le zone circostanti (Di Girolamo, 1968).

3. MORFOLOGIA DELL'AREA

La piana del Fiume Garigliano mostra un paesaggio dominato da un contrasto di forme in relazione ai diversi tipi di terreni in essa presenti. L'analisi della Carta geomorfologica (Fig. 4) consente di rilevare un'immediata distinzione tra la vasta pianura costiera e le aree bordiere. Lungo i bordi NNW e SE della Piana, si ergono i massicci carbonatici interessati dalla tettonica

recente, mentre nell'area nord-orientale è presente il versante occidentale del Roccamonfina costituito da prodotti lavici disposti a raggiera. L'orografia dell'area risulta, quindi, costituita da due sistemi montuosi entrambi con sviluppo longitudinale e direzione prevalentemente antiappenninica; gli Aurunci orientali e la dorsale del Monte Massico i cui rilievi raggiungono una quota massima di 813 m.

Nell'area pianeggiante, inclusa tra i massicci carbonatici bordieri ed il Roccamonfina, sono state rilevate alcune forme sia di origine marino-costiera che continentale. Sono stati inoltre riconosciuti 5 ordini di terrazzi in un intervallo altimetrico di 25 m (Fig. 4); il più recente è impostato sui depositi dunari eutirreniani, mentre il più antico lo si rileva sui depositi piroclastici più antichi. Quelli di età intermedia sono incisi nei depositi alluvionali misti ad elementi piroclastici dilavati dal versante occidentale del Roccamonfina.

Sulla duna eutirreniana sono stati riconosciuti delle superfici erosionali indicate con il V ordine di terrazzamento (tra i 2 e i 6 metri di quota); probabilmente questi terrazzi si sono formati durante una fase di planazione che ha inciso la duna in seguito all'abbassamento del livello di base dopo il Tirreniano.

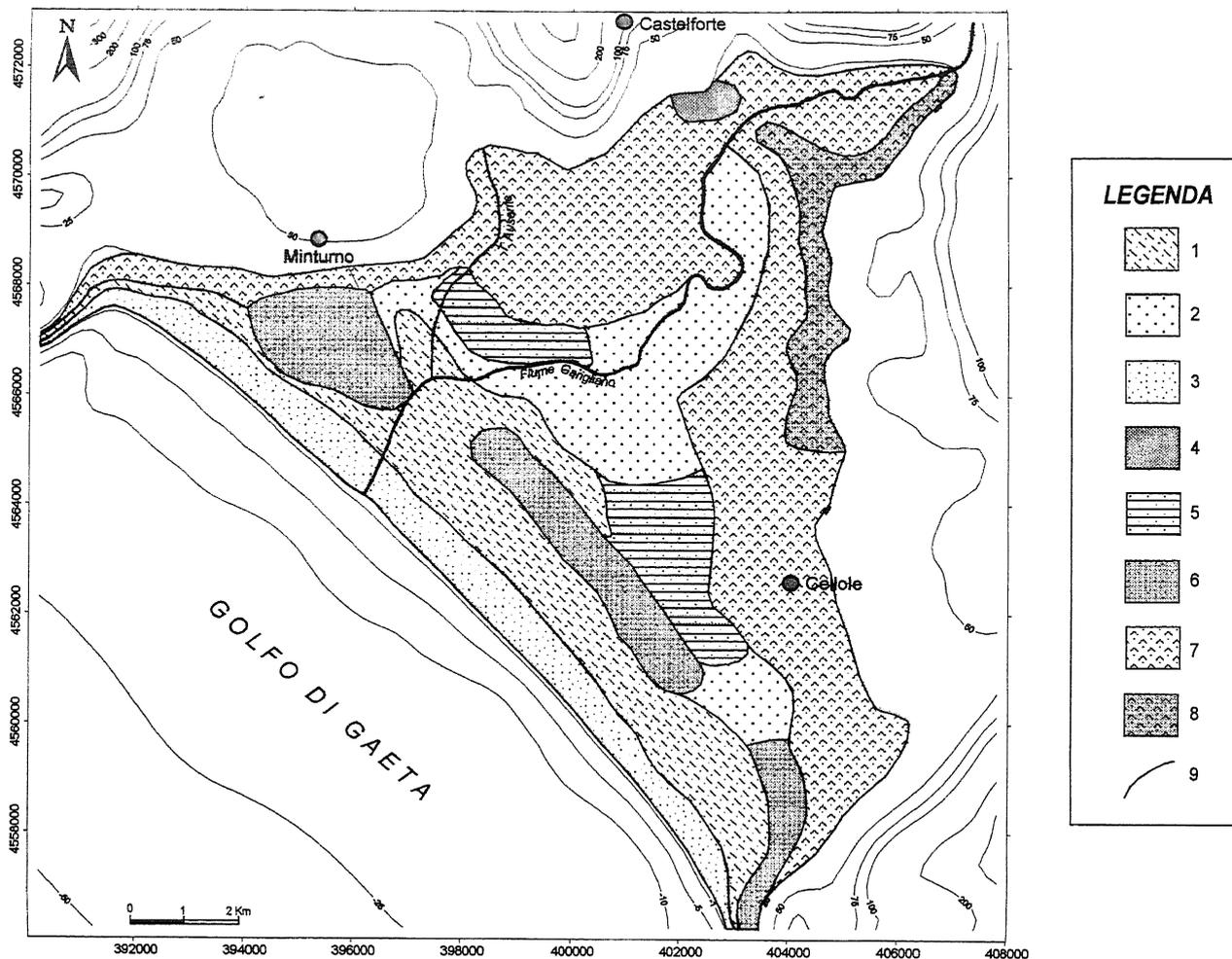


Fig.3 - Schema geologico dei depositi quaternari rilevati. 1) riempimento di depressioni bonificate: terreni humiferi, argillosi e siltsosi con livelli di torba ricoperti da depositi di colata; 2) alluvioni attuali e subattuali: sedimenti siltsosi e argilloso sabbiosi, spesso alternati con livelli ghiaiosi e torbosi; 3) sabbie della duna olocenica: sabbie fini di color grigio giallastro costituite da elementi quarzosi e calcarei; 4) tufo grigio campano; 5) depositi di laguna del Pleistocene superiore: terreni argillosi ricchi di humus con livelli sabbiosi; 6) sabbie della duna eutirreniana: sabbie quarzose di colore rossastro contenenti sedimento piroclastico sciolto; 7) alluvioni antiche del Pleistocene medio-superiore: piroclastiti rielaborate incluse nei sedimenti fluviali; 8) depositi piroclastici del Pleistocene medio-superiore: depositi con abbondante matrice piroclastica contenente ciottoli lavici alternati con strati più sottili di sabbia vulcanica di colore avana; 9) limiti geologici.

Geological scheme of the quaternary deposits observed in the area. 1) filling reclaimed of depressions: terrane with humus, clay and silty with peat levels covered from flows material; 2) present and recent alluviums: silty and clayey sandy sediments, often alternating with gravel and peat levels; 3) sands of the Holocene dune: thin sands of grey yellowish colour with quartzitic and calcareous elements; 4) grey tuff of the Campania; 5) lagoon deposits of the upper Pleistocene: clayey terrane rich of humus with sandy levels; 6) sands of the eutyrrhenian dune: quartzitic sands of reddish colour volcanoclastics loose sediments; 7) ancient alluvium of the middle-upper Pleistocene: volcanoclastics sediments reworked, englobed in the fluvio-alluvial sediments; 8) volcanoclastics deposits of the middle-upper Pleistocene: deposits with rich volcanoclastics matrix containing lava pebbles alternated with thinner layers of volcanic sand of avana colour; 9) geological limits.

I terrazzi del IV ordine (tra i 2 e i 6 metri di quota), impostati sui depositi limno-palustri, sono coevi della duna eutirreniana.

I terrazzi del III (tra 8÷12 m di quota) e del II ordine (tra 14÷18 m di quota), impostati sui depositi alluvionali, sono costituiti essenzialmente da piroclastiti rimaneggiate che, erose e trasportate da correnti fluviali e/o dal ruscellamento diffuso sui versanti del Roccamonfina, venivano depositate alla base dei rilievi.

L'ordine di terrazzi più antico, quello del I ordine, si

rinvieni solo in sinistra orografica tra i 20 e i 25 m s.l.m., poiché in destra, al di sopra dei 20 m, si ritrovano i versanti di faglia dei M. Arunci. I depositi su cui sono impostati questi terrazzi sono costituiti da sedimenti piroclastici non rimaneggiati del Pleistocene medio (0,25-0,3 Ma; Ballini et al, 1989) che hanno subito un'alterazione resa evidente dalla presenza di suoli.

Le forme di origine marino-costiera sono rappresentate dalla duna olocenica e da quella eutirreniana. Queste presentano un andamento parallelo alla costa,

interrotto dalle re-incisioni operate dal fiume Garigliano e da alcuni torrenti attualmente canalizzati. La duna eutirreniana, con quote massime di 5 m s.l.m., è costituita da sabbie quarzose debolmente cementate di colore rossastro contenenti sedimenti piroclastici sciolti scarsamente rielaborati. La duna olocenica, invece, è costituita da sabbie fini di colore grigio giallastro con elementi quarzosi e calcarei; essa è presente sia in sinistra, ove presenta quote massime di 7÷8 m s.l.m., che in destra orografica ove invece raggiunge quote di 15 m s.l.m. Questa differenza è da attribuirsi alla presenza dei Monti di Minturno che hanno probabilmente esercitato un'azione di barriera contro i venti, facilitando in tal modo l'accumulo delle sabbie eoliche.

Nelle aree retrodunari attuali sono presenti forti depressioni colmate da modesti specchi d'acqua, detti "laghi costieri". Tali depressioni, con quote talvolta inferiori all'attuale l.m., rappresentano morfologie relitte legate allo sbarramento verso il mare aperto dell'insenatura

ubicata in corrispondenza dell'attuale area retrodunare. Tale processo di sbarramento è chiaramente legato alla formazione dei corpi sabbiosi costieri a seguito dell'innalzamento del livello del mare successivamente all'ultimo glaciale ed all'emersione delle barre sommerse. Nelle depressioni alle spalle dei corpi sabbiosi si accumulavano le acque provenienti dalle alluvioni, che non potendo sfociare in mare, creavano limitate aree limno-palustri. Molto verosimilmente, lo stesso processo può essere stato responsabile, nel passato, della formazione dei paleocordoni dunari eutirreniani posti in posizione più interna nella piana costiera.

All'interno della Piana si rileva una morfologia sub-pianeggiante, con pendenza molto blanda, occupata dal tracciato meandriforme del fiume Garigliano. Il fiume costituisce il drenaggio principale della rete idrografica costituita da una serie di piccoli corsi d'acqua, quasi tutti provenienti dalle alture del Roccamonfina, con andamento dendritico, oltre ad alcuni ruscelli che prendono origine

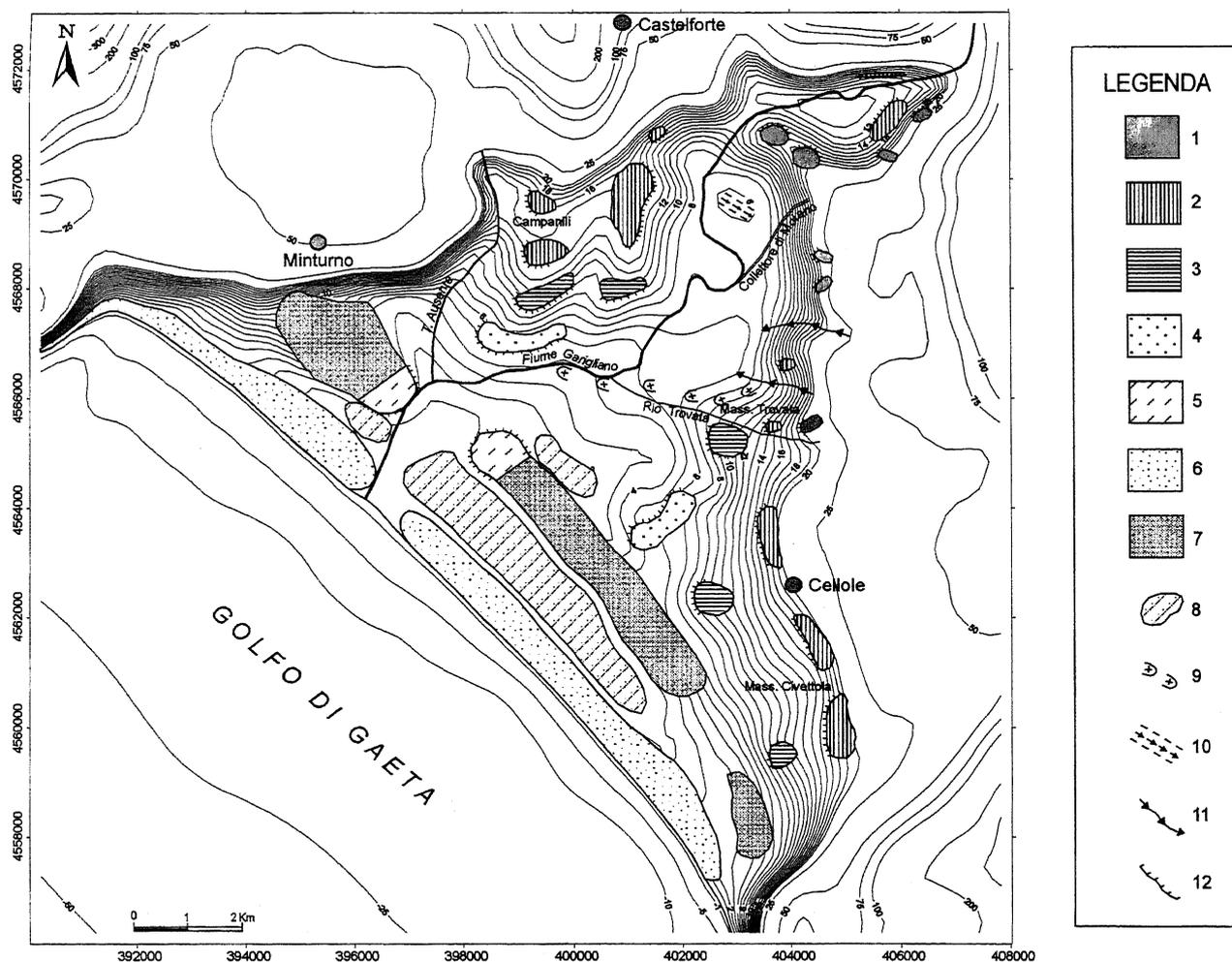


Fig. 4 - Carta morfologica dell'area indagata. 1) terrazzi fluviali di I ordine; 2) terrazzi fluviali di II ordine; 3) terrazzi fluviali di III ordine; 4) terrazzi fluviali di IV ordine; 5) terrazzi fluviali di V ordine; 6) duna olocenica; 7) duna eutirreniana; 8) depressioni retrodunari; 9) allineamento di crinali; 10) alveo abbandonato; 11) drenaggi susseguenti; 12) orli di terrazzi.

Morphological map of the investigated area. 1) fluvial terraces of I order; 2) fluvial terraces of II order; 3) fluvial terraces of III order; 4) fluvial terraces of IV order; 5) fluvial terraces of V order; 6) holocenic dunes; 7) eutyrrhenian dunes; 8) depressions behind dunes; 9) alignment of ridge; 10) abandoned bed-river; 11) subsequent drainage; 12) edges of terraces.

dalle dorsali bordiere. Tali corsi d'acqua, generalmente a carattere torrentizio o effimero, confluiscono in gran parte nel Garigliano, mentre solo alcuni di essi raggiungono il mare, con corso parallelo al fianco della dorsale del Massico. Ciò mette in evidenza la presenza di due sottobacini, all'interno del bacino imbrifero principale. Sono altresì presenti testimonianze di corsi d'acqua susseguenti orientati in direzione appenninica (NW-SE), in accordo con le principali linee tettoniche presenti a livello regionale.

4. ANALISI DEI DATI DEL SOTTOSUOLO

L'analisi delle successioni stratigrafiche recuperate da 150 sondaggi ha consentito di individuare alcune litofacies principali, depostesi a seguito di differenti eventi morfotettonici e climatici.

La successione, ricostruita attraverso l'analisi dei sondaggi, è costituita, dall'alto verso il basso, dalle seguenti unità, riconducibili a differenti ambienti di deposizione.

- Unità A - Terreno vegetale e terreno di riporto indifferenziato. Rappresenta la coltre dei terreni più superficiali (2 m s.l.m.) e risulta costituita da argille humificate, da piroclastiti sciolte rielaborate e da terreni di riporto e di colmata.

- Unità B - Questa unità, ascrivibile principalmente ad un ambiente limno-palustre con alcune sottili intercalazioni di depositi marini, è costituita da un'alternanza di argille, limi e sabbie fini di origine marina con lenti di torba. Nell'unità si riconoscono vari cicli, distinti, dal più recente al più antico, come B1, B2, B3 e B4 (Fig. 5).

- Unità C - Depositi di ambiente marino, caratterizzati da sabbie con granulometria variabile da fine a grossolana, con gusci di lamellibranchi e gasteropodi di ambiente neritico. L'unità è caratterizzata dalla presenza di tre depositi, intercalati ai precedenti dell'unità B, di diversa età e di differente ambiente individuati con le sigle C1, C2 e C3; (Fig. 5).

- Unità D - Sedimenti di spiaggia costituiti da sabbie intercalate ad argille. Rappresenta una facies di transizione tra l'ambiente palustre retrodunare e quello marino.

- Unità E - Depositi vulcanoclastici in giacitura primaria. E' costituita da depositi piroclastici provenienti dall'attività subaerea del Roccamonfina; comprende sabbie vulcaniche, cineriti, lapilli e tufi oltre ai depositi lavici.

- Unità F - Depositi vulcanoclastici rielaborati. Questa unità è data da prodotti piroclastici rielaborati in cui sono inclusi depositi di altri ambienti, quali lenti di torba e depositi fluviali. Più raramente, invece, si trovano livelli costituiti da cineriti limose con pomici e gasteropodi marini.

- Unità G - Depositi fluviali. Sono state rinvenute sia sabbie grossolane e ghiaie prive di matrice e resti organici (G1) sia sedimenti sottili, quali limi ed argille con presenza di torba (G2).

I depositi in facies di flysch del Miocene superiore potenti circa 100 metri ed i calcari mesozoici del Monte Massico e dei Monti Aurunci sono stati contraddistinti rispettivamente con le sigle H1 ed H2.

Per comprendere meglio i rapporti tra le varie unità sono state elaborate numerose sezioni; tra esse ne sono state scelte tre più significative, con sviluppo sia

parallelo che trasversale all'asse vallivo (Figg. 1 e 5), che interessano quasi tutta l'area pianeggiante. La loro analisi ha consentito di ricostruire i rapporti tra le varie unità riconosciute e i massicci bordieri dei Monti Aurunci e della dorsale del Massico.

La sezione A-A' si sviluppa parallelamente alla costa in direzione NW-SE e correla le stratigrafie di 9 pozzi. Partendo dal p.c., nella parte centrale della Piana, si rileva un primo livello costituito da terreno agrario e da depositi argillosi humificati (unità A). Questa unità poggia direttamente su un'alternanza di depositi di ambiente limno-palustre (unità B) e di sedimenti di ambiente marino (unità C). In eteropia di facies con questi depositi si individuano le piroclastiti rielaborate dell'unità F, che a loro volta poggiano, verso SE, sui depositi piroclastici non rielaborati dell'unità E.

La sezione B-B', anch'essa parallela alla costa ma in posizione più interna, attraversa la Piana in direzione NW-SE, dai Monti di Castelforte (25 m s.l.m.) sino alla Masseria Fratella situata alla base del Monte Pecoraro (150 m s.l.m.) correlando 11 pozzi. In questa sezione si rileva la presenza, in posizione sommitale, dei sedimenti fluviali (unità G); il membro G1, costituito da sabbie grossolane risulta intercalato al membro G2 costituito da sedimenti più sottili. Il membro G1 a NW poggia lungo una superficie di erosione sui depositi Miocenici (unità H1), mentre a SE è in eteropia con le piroclastiti rielaborate dell'unità deposizionale F.

La sezione C-C', infine, si sviluppa perpendicolarmente alla costa con direzione SW-NE, ed attraversa la Piana dalla spiaggia fino alle pendici dei Monti di Suio a quota di 25 m s.l.m. correlando le stratigrafie di 10 pozzi. Dalla sezione emerge il rapporto eteropico tra l'unità C e l'unità B. L'unità B2 poggia con contatto discordante, lungo una superficie di erosione, sulle piroclastiti rielaborate dell'unità F che nella parte centrale della sezione è interposta a depositi fluviali dell'unità G. L'analisi della stratigrafia del pozzo 8, tra i -67 e i -96 m s.l.m, consente di rilevare la presenza dei sedimenti marini ascritti all'unità C, che risultano intercalati ai depositi retrodunari dell'unità B.

Sulla base dei rapporti tra le diverse unità deposizionali e dell'età conosciuta di alcune di esse è stata definita la cronologia delle differenti fasi sedimentarie al fine di ricostruire nello spazio e nel tempo l'evoluzione morfologica dell'area.

Pertanto sulle stesse sezioni costruite in base alle unità deposizionali, sono state accorpate unità di differenti ambienti ma di stessa età o suddivise unità dello stesso ambiente ma di età differente, definendo sette unità cronologiche.

- Unità 1: A questa unità sono stati ascritti i depositi calcarei e dolomitici mesozoici dei Monti Aurunci e del Monte Massico (unità deposizionale H2).

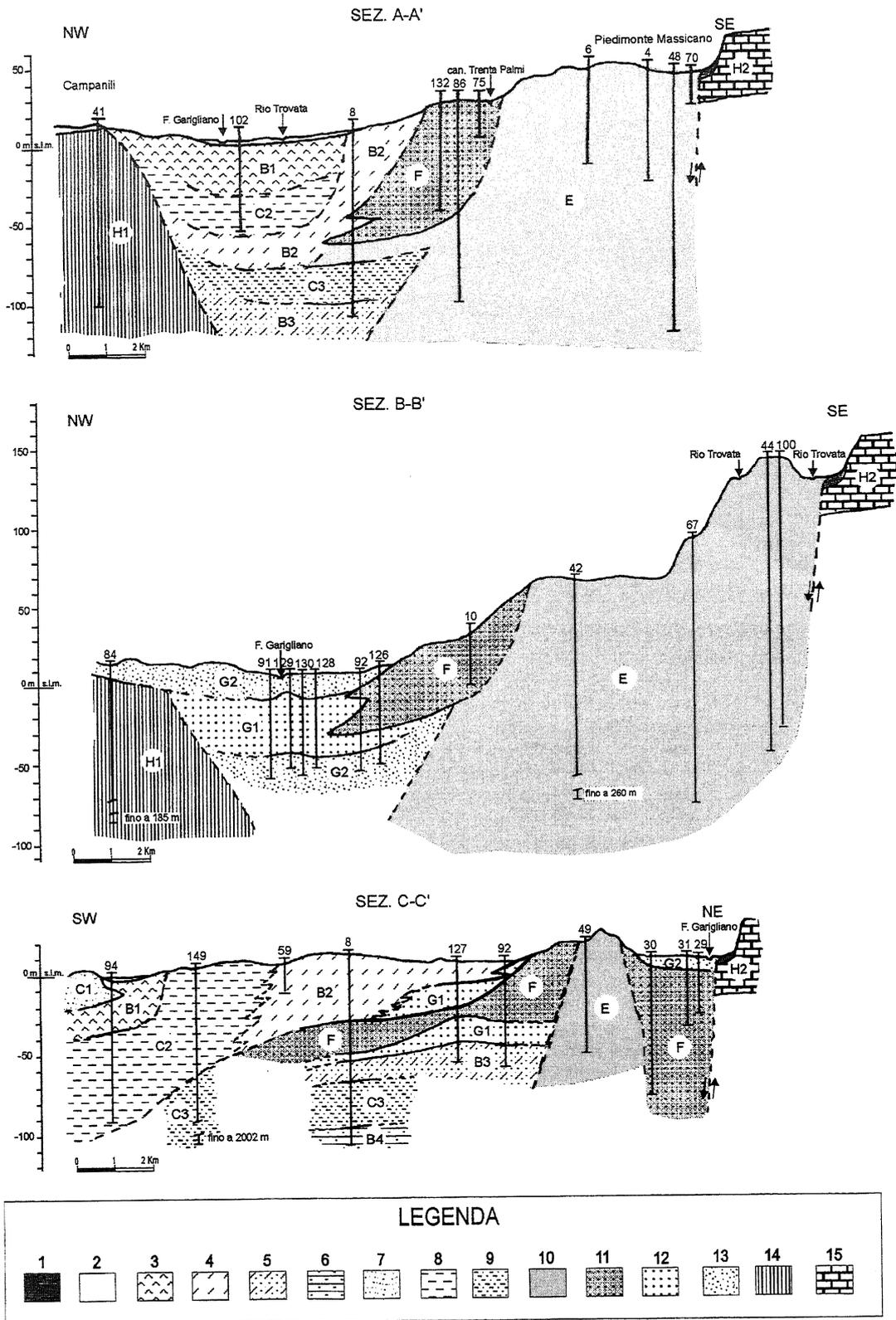
- Unità 2: Fanno riferimento a questa unità i depositi flyscioidi miocenici (unità deposizionale H1) presenti nell'area.

- Unità 3: In questa unità si riconoscono i sedimenti piroclastici non rimaneggiati (unità deposizionale E). Tali depositi sono stati attribuiti al Pleistocene medio-inferiore poiché in essi sono state trovate lenti di Tufo Trachitico Bianco (WTT) la cui età di messa in posto è compresa tra i 0,25 Ma e i 0,3 Ma (Ballini et al., 1989) e che quindi costituiscono un marker.

- Unità 4: I sedimenti che costituiscono questa

Fig. 5 - Sezioni delle unità deposizionali. 1) depositi di conoide; 2) terreno vegetale; 3,4,5,6) depositi di ambiente limno-palustre; 7,8,9) depositi di ambiente marino costiero; 10) depositi vulcanoclastici non rimaneggiati del Pleistocene medio-inferiore; 11) depositi vulcanoclastici rimaneggiati del Pleistocene medio-superiore; 12,13) depositi fluviali; 14) depositi flyscioi di arenacei miocenici; 15) calcari mesozoici.

Sections of the depositional units. 1) alluvial fans deposits; 2) landfill; 3,4,5,6) mud-marshy deposits; 7,8,9) coastal marine deposits; 10) not reworked volcanoclastics deposits; 11) reworked volcanoclastics deposits; 12,13) fluvial deposits; 14) Miocene arenaceous flysch deposits; 15) Mesozoic limestones.



unità sono quelli depositati molto verosimilmente durante i cicli marini del Pleistocene medio (unità C3) unitamente ai sedimenti dell'unità deposizionale B3 ed ai sedimenti di spiaggia (unità D).

- Unità 5: A questa unità appartengono i sedimenti

depositati presumibilmente dopo il Pleistocene medio-superiore. Essa può essere suddivisa in due sub-unità: l'unità 5a alla quale appartengono i sedimenti di ambiente fluviale (unità G), di cui si rileva la presenza solo nelle aree interne della piana e l'unità 5b che com-

prende i sedimenti piroclastici rielaborati (unità F). E' stata attribuita a questo periodo poiché la rielaborazione è avvenuta sicuramente dopo il Pleistocene medio-inferiore età della messa in posto delle piroclastiti in giacitura primaria dell'unità E.

- Unità 6: Di questa unità fanno parte i sedimenti ascrivibili ad ambienti di transizione (unità deposizionale B2) e marini (unità C2) depositi durante il ciclo tirreniano. Il secondo deposito riconosciuto, infatti, è da collegarsi alla formazione del cordone eutirreniano (Brancaccio et al., 1989).

- Unità 7: In questa unità vengono raggruppati una parte dei sedimenti depositatisi esclusivamente nell'Olocene. E' possibile riconoscere: i sedimenti di origine marino-costiera (unità C1) che hanno formato il cordone dunare più recente; i sedimenti di ambiente limno-palustre (unità B1) che hanno colmato le depressioni retrodunari e quelle interne alla Piana ed infine i sedimenti che formano la pellicola superficiale del sottosuolo (unità A).

Per comprendere meglio i rapporti tra la cronologia degli eventi e l'evoluzione dei differenti ambienti, sono state rielaborate le sezioni relative alle unità deposizionali riportando gli accorpamenti o le suddivisioni operate sulla base delle età ricostruite (Fig. 6).

5. EVOLUZIONE MORFOLOGICA DELLA PIANA

L'evoluzione morfologica della Piana del Garigliano è subordinata alle varie fasi tettonogenetiche che si sono susseguite nell'area durante l'orogenesi appenninica ed alla conseguente subsidenza dei settori occidentali connessi con l'apertura del Mar Tirreno. Essa è legata alle oscillazioni climatiche quaternarie, con conseguenti oscillazioni eustatiche, nonché alle azioni antropiche che, in tempi storici, hanno assunto un ruolo determinante.

Dall'analisi dei dati di letteratura si evince che il territorio attualmente occupato dalla Piana del Garigliano è stato interessato da un'intensa attività tettonica fin dalle prime fasi del Pleistocene. Infatti, dopo un periodo di relativa stabilità tettonica nel Pliocene inferiore-medio (Brancaccio et al., 1991), durante il quale si è avuto il modellamento di numerose superfici di spianamento in tutta la Campania, all'inizio del Pleistocene si è avuta una ripresa dell'attività tettonica a carattere distensivo che ha provocato la genesi di una serie di horst e graben in tutta l'area campana. Dopo la formazione del graben della Piana del Garigliano si è creato un paleogolfo bordato a Nord dai Monti Aurunci e a Sud dal Monte Massico la cui linea di costa era più interna di circa 7 Km rispetto all'attuale (Brancaccio et al., 1991). Tuttavia gli elevati tassi di sedimentazione riuscivano a bilanciare l'approfondimento dovuto ai fenomeni di subsidenza, impedendo così l'evoluzione verso facies di mare profondo (Brancaccio et al., 1995). I sedimenti di ambiente marino ascrivibili all'unità C3 e i depositi retrodunari dell'unità deposizionale B3 (unità cronologica 4) presenti sia nella sez. A-A' che nella sez. C-C' (Fig. 5) tra i -67 e i -96 m s.l.m. (pozzo 8) confermano la posizione più interna della linea di costa medio-pleistocenica così come riconosciuta da Brancaccio et al. (1991).

In questo ambiente si è successivamente inserita

una fase di intensa deposizione piroclastica (unità 5b) che ha parzialmente colmato il paleogolfo, causando, di conseguenza, uno spostamento verso mare della linea di riva. Nello stesso periodo si individuava il corso del paleo-Garigliano, che cominciava ad incidere i sedimenti piroclastici attestandosi a quota 25 m s.l.m.. La ripresa dell'attività tettonica del Pleistocene medio-superiore (Brancaccio et al., 1991) e, molto verosimilmente, forti recrudescenze climatiche hanno causato la dissezione dei terrazzi del I ordine nonché l'erosione ed il trasporto verso valle di parte delle piroclastiti. Tra l'altro, in questo periodo, si osserva uno spostamento verso NW del tracciato del fiume, testimoniato dalla presenza di un alveo abbandonato, a quota 6 m s.l.m. in prossimità di un canale collettore (presso il pozzo 72), e da un allineamento di crinali, che probabilmente costituiva l'argine sinistro del fiume (Fig. 3). Tale spostamento è stato causato molto verosimilmente dalla messa in posto di una serie di conoidi di deiezione che hanno condizionato l'andamento del fiume. Le fasi di stasi succedutesi alla ripresa dell'attività tettonica del Pleistocene medio-superiore (Brancaccio et al., 1991) hanno consentito, invece, il modellamento dei terrazzi di II e III ordine impostati sulle piroclastiti rielaborate.

L'analisi della carta morfologica (Fig. 3) consente di ipotizzare che alcuni terrazzi (I, II, e III ordine) presenti in sinistra orografica tra la Mass.a. Trovata e la Mass.a. Civettola non siano stati dissecati dal Garigliano, ma da un torrente di cui non si hanno attualmente evidenze. Tale ipotesi è avvalorata dalla presenza, in quest'area, di una incisione nella duna eutirreniana. Tra l'altro è ipotizzabile che l'attuale torrente Ausente sia il responsabile della dissezione dei terrazzi di II ordine presenti in destra orografica in località Campanili.

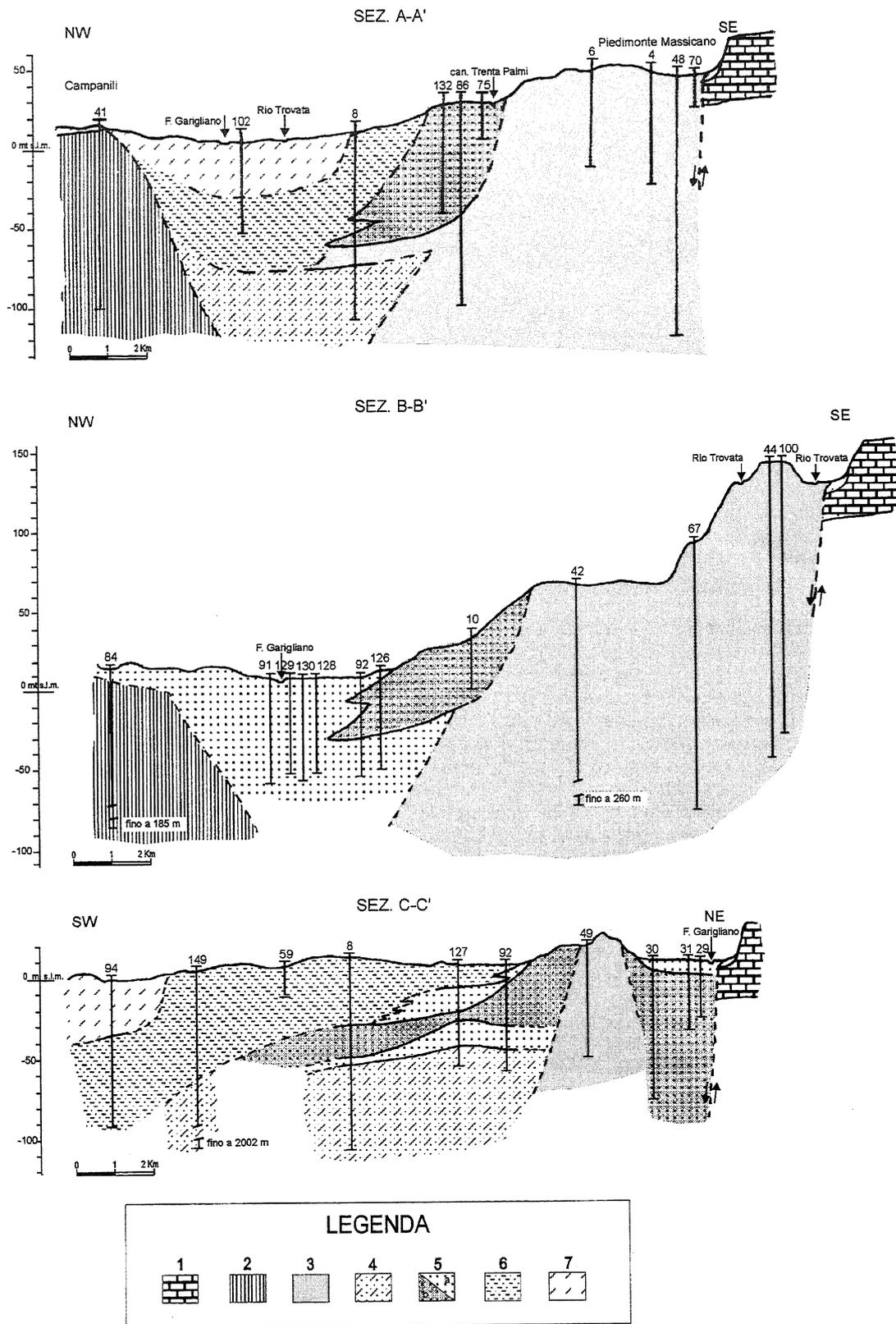
Durante il Pleistocene superiore la Piana del Garigliano, insieme alla Penisola Sorrentina e al Cilento, sono stati gli unici ambienti costieri della Campania interessati da una fase di relativa stabilità tettonica. Durante questa fase di stasi, con il livello del mare a quota +6 metri (Brancaccio et al., 1991), si è avuta la formazione del cordone dunare eutirreniano che ha sbarrato il corso del fiume, il quale non potendo sfociare in mare si è impaludato nell'area retrodunare. Successivamente sui sedimenti di tali aree palustri (unità 2) si è impostato il terrazzo di IV ordine ubicato tra 2 e 6 metri di quota. L'abbassamento del livello di base, fino al basso eustatico di -120 m (Moore, 1982; Marani et al., 1988) avvenuto nell'ultimo glaciale (25.000-18.000 anni B.P.), ha determinato una fase di planazione che ha reintroscato la duna, creando i terrazzi del V ordine. La successiva risalita del mare fino alla quota attuale ha prodotto un ulteriore sbarramento del corso d'acqua a seguito della formazione della duna olocenica, che unitamente ai terrazzi di V ordine, rappresenta l'elemento morfologico più recente presente nella Piana del Garigliano.

6. CONCLUSIONI

L'evoluzione quaternaria della Piana del Garigliano risulta controllata sia dagli eventi tettonici distensivi del Pleistocene, responsabili della formazione del graben campano, sia dalle oscillazioni eustatiche, responsabili della formazione dei cordoni dunari presenti nell'area costiera.

Fig. 6 - Sezioni delle unità cronologiche. 1) depositi mesozoici; 2) depositi miocenici; 3) depositi del Pleistocene medio-inferiore; 4) depositi del Pleistocene medio; 5a) depositi fluviali del Pleistocene medio-superiore; 5b) depositi vulcanoclastici rimaneggiati del Pleistocene medio-superiore; 6) depositi eutirreniani; 7) depositi olocenici.

Sections of the chronological units 1) Mesozoic deposits; 2) Miocenic deposits; 3) lower-middle Pleistocene deposits; 4) middle Pleistocene deposits; 5a) middle-upper Pleistocene fluvial deposits; 5b) middle-upper Pleistocene reworked volcanoclastics deposits; 6) Eutyrrhenian deposits; 7) Holocenic deposits.



La piana mostra una morfologia sub-pianeggiante, caratterizzata da depositi fluviali, marino-costieri e limno-palustri oltre che dai prodotti piroclastici del Roccamonfina e dei Campi Flegrei. Qui si inserisce il tracciato meandriforme del fiume Garigliano che nel

tempo ha disseccato 5 ordini di terrazzi in un intervallo altimetrico di 25 m. Il più antico di essi è impostato sui depositi di natura piroclastica ascritti al Pleistocene inferiore-medio, mentre i più recenti sono impostati sui depositi costieri che formano la duna eutirreniana. La

presenza in sinistra orografica di un alveo abbandonato e di un'allineamento di crinali, che probabilmente ha costituito l'argine sinistro del fiume, testimonia uno spostamento verso NW del letto fluviale nel Pleistocene medio-superiore. Probabilmente ciò è connesso alla messa in posto di una serie di conoidi di deiezione originatisi in seguito all'erosione dell'alto morfologico costituito dai depositi piroclastici non rimaneggiati del Pleistocene medio-inferiore.

Nell'area costiera si rileva un doppio sistema di cordoni dunari che presentano una depressione nella zona retrodunare. Di questi il primo, fossile, è ascritto all'Eutirreniano mentre quello più esterno è di età olocenica. La presenza della zona dunare e retrodunare consente di affermare che, nell'ambito di una generale risalita del livello del mare successiva all'ultimo picco glaciale, culminata circa 5.500 anni (apice trasgressivo versiliano), vi sono stati periodi di sostanziale stabilità (Pirazzoli, 1976), e l'emersione di cordoni sabbiosi litoranei. La presenza di antichi depositi di ambiente marino, in posizione più interna nella Piana (tra i -67 e i -97 m s.l.m.), testimonia uno spostamento delle facies marine verso terra avvenuto nel Pleistocene medio-inferiore in occasione dell'individuazione del graben in cui è impostata la stessa Piana. I depositi di ambiente marino che caratterizzano la maggior parte dell'area durante la prima metà del Pleistocene vengono sostituiti dai depositi alluvionali del fiume Garigliano fino alla formazione della duna eutirreniana. Dopo tale periodo a causa dell'abbassamento del livello di base fino al basso eustatico di -120 m, la piana progradata e il Garigliano incide quest'ultima duna creando i terrazzi del V ordine. Successivamente tali depositi vengono sommersi dalla risalita del mare fino alla quota attuale con formazione della duna olocenica. Un'evoluzione simile è stata riconosciuta anche per le Pianure costiere del Volturno (Romano et al., 1994), del Sarno (Cinque et al., 1987) e del Sele (Brancaccio et al., 1987) a testimonianza di un'identica fase morfoevolutiva che ha condizionato l'evoluzione di tutta la Piana Campana e della Piana del Sele.

LAVORI CITATI

- Alessio M., Bella F., Improta S., Belluomini G., Calderoni G., Cortesi C., Turi F., 1974 - University of Rome Carbon - 14 dates XII, Radiocarbon., **15**, 165-178.
- Ballini A., Barbieri F., Laurenzi M.A., Mezzetti F., Villa I.M., 1989 - *Nuovi dati sulla stratigrafia del vulcano di Roccamonfina*. Boll. G.N.V., 533-556.
- Bernasconi A., Bruni P., Gorla L., Principe C., Sbrana A., 1981 - *Risultati preliminari dell'esplorazione geotermica profonda dell'area vulcanica del Somma-Vesuvio*. Rend. Soc. Geol. It., **4**.
- Billi A., Bosi V., De Meo A., 1997 - *Caratterizzazione strutturale del rilievo del M. Massico nell'ambito dell'evoluzione quaternaria delle depressioni costiere dei fiumi Garigliano e Volturno (Campania settentrionale)*. Il Quaternario, **10** (1), 15-26.
- Brancaccio L., Cinque A., D'Angelo G., Russo F., Santangelo N., Sgrosso I., 1987 - *Evoluzione tettonica e geomorfologica della Piana del Sele (Campania, Appennino Meridionale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **10** (1), 47-55.
- Brancaccio L., Cinque A., Russo F., Belluomini G., Branca, Delitala L., 1989 - *Segnalazione e datazione di depositi marini Tirreniani sulla costa Campana*. Boll. Soc. Geol. It., **109**, 259-265.
- Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roszkopf C., Russo F., Santangelo N., Santo A., 1991 - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the southern Apennines (Region of Naples, Italy)*. Z. Geomorph. N. F., Supp. Bd. **82**, 47-58.
- Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roszkopf C., Russo F., Santangelo N., 1995 - *L'evoluzione delle pianure costiere della Campania: Geomorfologia e Neotettonica*. Mem. Soc. Geog. It., **53**, 313-336.
- Capaldi G., Civetta L., Gyllo P. Y., 1985 - *Geochronology of Plio-Pleistocene volcanic rocks from southern Italy*. Rend. Soc. It. Miner. e Petrol., **4**.
- Cinque A., Alinaghi H.H., Laurenti L., Russo F., 1987 - *Osservazioni preliminari sulla evoluzione geomorfologica della Piana del Sarno (Campania, Appennino Meridionale)*. Geogr. Fis. Dinam. Quot., **10** (1), 161-174.
- D'Argenio B., Pescatore T., Scandone P., 1973 - *Schema geologico dell'Appennino Meridionale (Campania e Lucania)*. Convegno "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino". Atti Acc. Lincei, Quaderno, **183**, 49-72.
- Delibrias G., Di Paola G.M., Rosi M., Santacroce R., 1979 - *La storia eruttiva del complesso vulcanico Somma-Vesuvio ricostruita dalle successioni piroclastiche del Monte Somma*. Rend. Soc. It. Miner. e Petrol., **35**.
- Di Girolamo P., 1968 - *Rilevamento petrografico nel settore SW (Sessa Arunca) del Vulcano del Roccamonfina*. Rend. Acc. Sci. Fis. Mat. Napoli, **35**, 675-722.
- Di Girolamo P., Ghiara M.R., Lirer L., Munno R., Rolandi G., Stanzone D., 1984 - *Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It., **103**, 349-413.
- Di Girolamo P., Morra V., Ortolani F., Pagliuca S., 1988 - *Osservazioni petrologiche e geodinamiche sul magmatismo "orogenico transizionale" della Campania nell'evoluzione della fascia tirrenica della catena Appenninica*. Boll. Soc. Geol. It., **107**.
- Marani M., Taviani M., Trincardi F., Argnani A., Borsetti A.M., Zitellini N., 1988 - *Pleistocene progradation and postglacial events of the NE Tyrrhenian continental shelf between the Tiber river delta and Capo Circeo*. Mem. Soc. Geol. It., **36**, 67-89.
- Moore W.S., 1982 - *Late Pleistocene sea-level history*. In: Uranium series Disequilibrium: Application to Environmental Problems, Ivanovich M. & Harmon R.S. (eds), Clarendon Press, Oxford, 481-494.
- Pirazzoli P.A., 1976 - *Sea level variations in the north-west Mediterranean during Roman Times*. Science, **194**.
- Romano P., Santo A., Voltaggio M., 1994 - *L'evoluzione geomorfologica della piana del Fiume Volturno (Campania) durante il tardo Quaternario (Pleistocene medio-superiore-Olocene)*. Quaternario, **1**, 41-56.

Ms: ricevuto il: 16 marzo 1998
 Testo definitivo ricevuto il: 15 dicembre 1998

Ms received: March 16, 1998
 Final text received: December 15, 1998