

# Dall'Elba ai poli e ritorno

di Carlo Alberto Ricci e Luca Maria Foresi\*

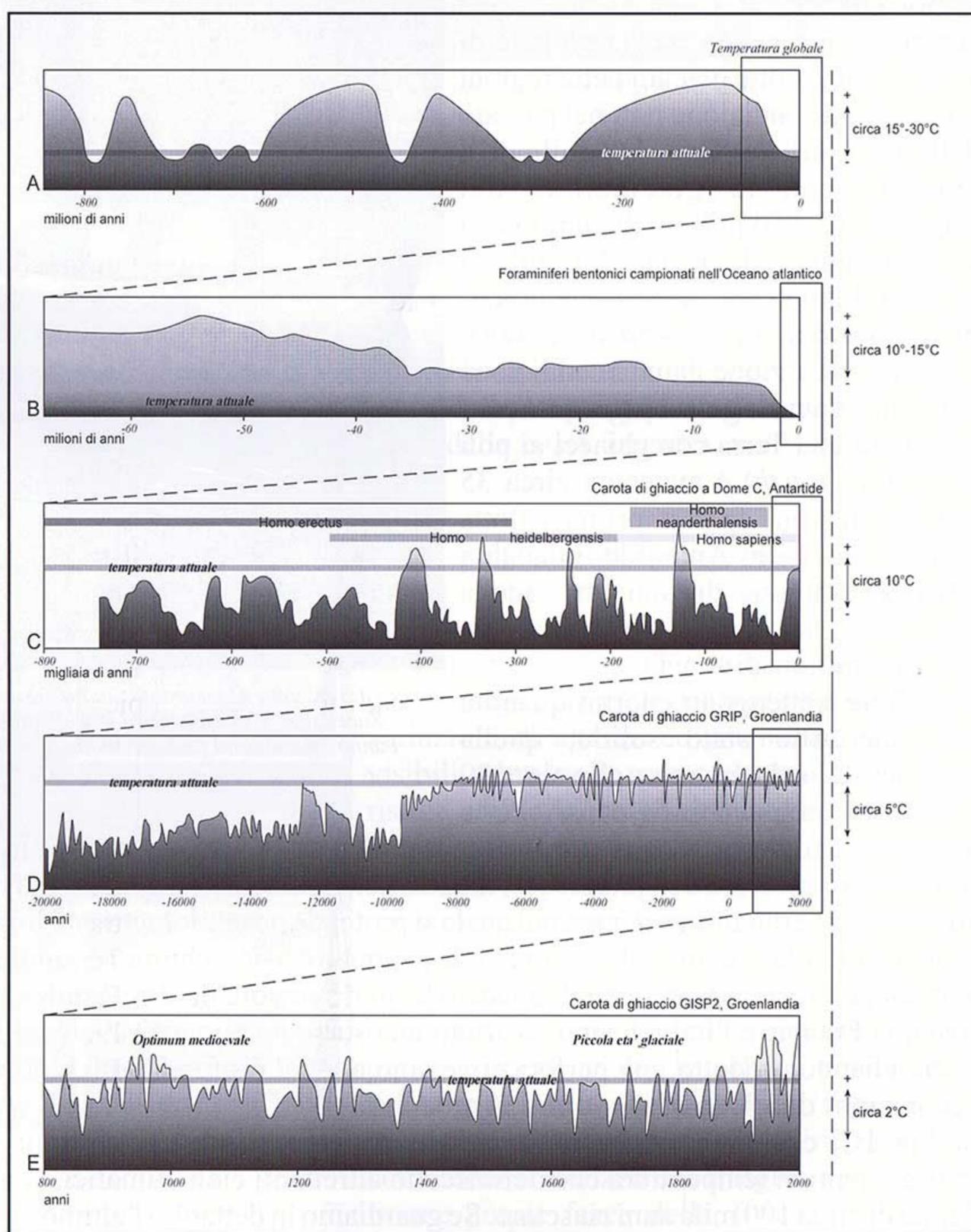
## Introduzione

Il titolo potrebbe ammiccare al fatto che l'articolo riguardi alcune delle vicende umane e scientifiche dell'autore più anziano (gli inglesi con più classe lo identificano come *senior author*), che effettivamente ha più volte visitato quelle estreme regioni della Terra. Ma per far questo non ci sarebbe stato bisogno di disturbare l'autore *junior* che viceversa ha speso la maggior parte della sua vita di ricercatore a studiare nel Mediterraneo i segni dei cambiamenti climatici del passato.

In realtà il titolo vuole richiamare nel lettore l'idea di una "metaforica" onda marina, un lento tsunami, che dai poli si muove verso le terre emerse per poi ritirarsi in lenta risacca, governato dalla ciclica dinamica di crescita (periodi glaciali) e riduzione (periodi interglaciali) delle calotte polari, che determina oscillazioni verticali di decine sino a centinaia di metri del livello del mare che invade o si ritira dalle aree emerse. In geologia, le fasi di

invasione marina di aree emerse si chiamano trasgressioni e quelle di ritiro regressioni. In realtà le cause delle trasgressioni e regressioni marine non sono unicamente da imputare a variazioni del livello marino, connesse con la dinamica dei processi glaciali, ma anche a movimenti verticali di porzioni di crosta terrestre. La distinzione fra i due tipi di cause non è sempre agevole e si fa sempre più difficile procedendo a ritroso nei tempi geologici. In questa nota ci interesseremo in particolare degli ultimi 125 mila anni della nostra storia (Pleistocene superiore nella terminologia geologica); un periodo per il quale i tanti lavori pubblicati hanno quantificato le oscillazioni del livello del mare ed evidenziato depositi e morfologie ad esse connesse.

Al lettore interessato proponiamo dapprima una breve e semplificata rassegna dei meccanismi di variazione del volume dei ghiacci e successivamente la spiegazione di alcune immagini prese in alcuni luoghi dell'Arcipelago e della costa toscana dove i segni delle variazioni del livello marino sono particolarmente ben scolpiti e conservati nel paesaggio.

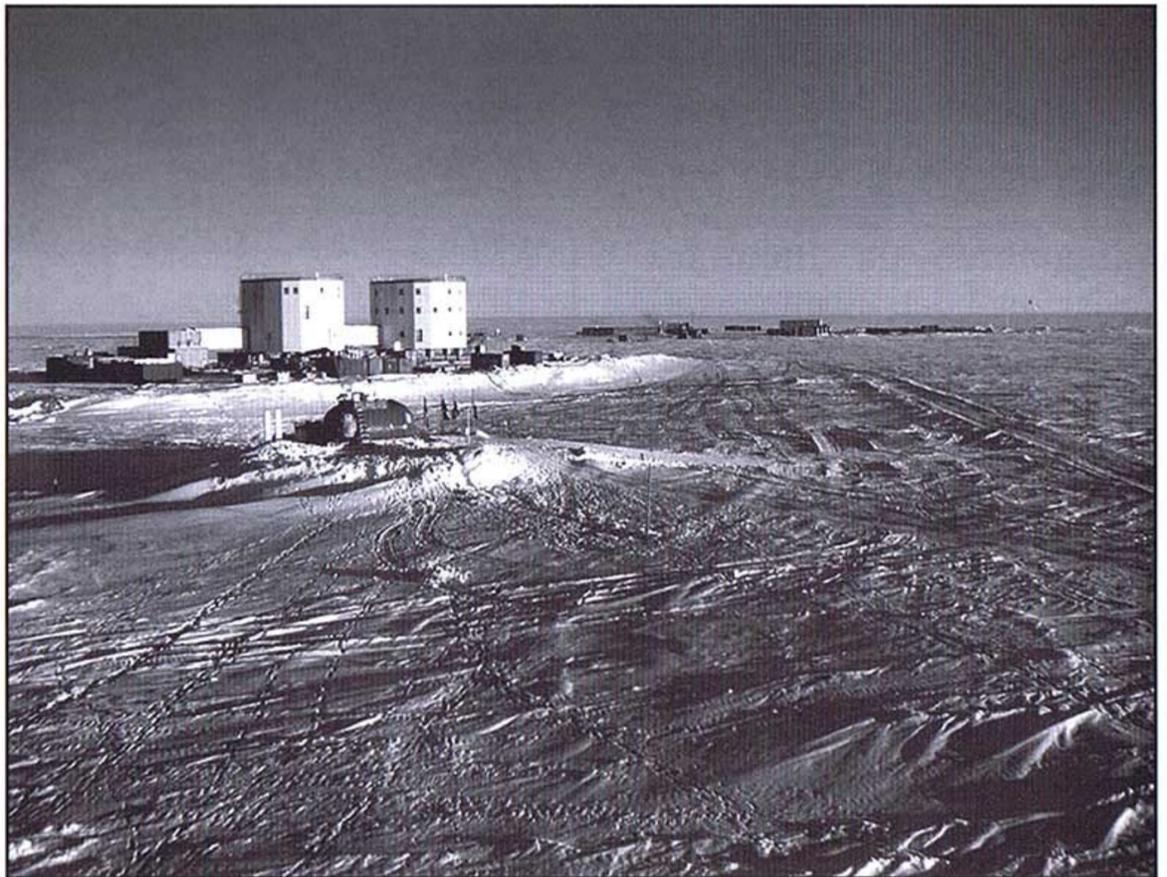


Variazione della temperatura media annua sulla Terra a diverse scale temporali. Tali ricostruzioni sono state possibili grazie allo studio di reperti geologici, biologici e di carote di ghiaccio e all'analisi di serie storiche di dati meteorologici e di cronache del passato.

### Le regioni polari e il clima del passato

Nella sua lunga storia il clima del pianeta ha subito profonde variazioni e la temperatura media è cambiata anche di diverse decine di gradi a tutte le scale temporali. Non confondiamo però tali variazioni di lungo periodo, che definiamo climatiche, con quelle meteorologiche che possono indurre differenze di temperatura di decine di gradi anche nell'arco di una giornata. A quest'ultime ci adattiamo con relativa facilità; viceversa, variazioni di pochi gradi della temperatura media annuale che durano centinaia o migliaia di anni hanno conseguenze molto significative sull'ambiente e sul biota: il clima diventa più secco o più umido, le calotte glaciali si espandono o si contraggono, il livello marino medio si abbassa o si innalza, le terre emerse espandono la loro superficie rispetto al mare o ne vengono sommerse, le fasce climatiche si spostano in latitudine ed in altitudine e gli organismi (marini e terrestri) sono indotti a migrare verso aree geografiche più adatte alla loro sopravvivenza.

La Fig 1A mostra che negli ultimi 800 milioni di anni la temperatura media della Terra è stata per lunghi periodi più elevata ( $10-20^{\circ}\text{C}$ ) dell'attuale e si notano variazioni a scale temporali delle decine/centinaia di milioni di anni. La situazione attuale con una temperatura media globale di  $15^{\circ}\text{C}$  e due calotte glaciali nelle regioni polari è una condizione rara nel passato della Terra: si è verificata 300 milioni di anni fa con la glaciazione del Carbonifero, 450 milioni di anni fa con la glaciazione ordoviciana, 750 milioni di anni fa con la glaciazione tardo-proterozoica (*snow-ball Earth*). L'ultima transizione da una condizione del pianeta senza ghiacci (*green-house Earth*) ad una Terra con ghiacci ai poli (*ice-house Earth*) è avvenuta circa 35 milioni di anni fa. La prima calotta glaciale stabile in Antartide è datata a circa 15 milioni di anni fa, quella dell'Artico ha cominciato a formarsi circa 4-5 milioni di anni fa.



*La stazione Concordia, situata a 1.200 km dalla stazione italiana "Mario Zucchelli", è una struttura italo-francese che ospita ricercatori durante tutto l'anno. Si trova sul plateau continentale antartico ad un'altitudine di 3.233 m, a  $75^{\circ} 06' \text{S}$  e  $123^{\circ} 21' \text{E}$ .*

Le calotte trattengono enormi quantità di acqua allo stato solido, quella antartica, da sola, ne raccoglie circa 30 milioni di metri cubi. Si pensi che la

totale fusione dei ghiacciai terrestri causerebbe un innalzamento del livello del mare di circa 60 m. In Antartide lo spessore del ghiaccio all'interno del continente supera i 4 mila metri. Il ghiaccio scorre dal centro alla periferia e raggiunge il mare nel quale si protende per chilometri con lingue e piattaforme galleggianti.

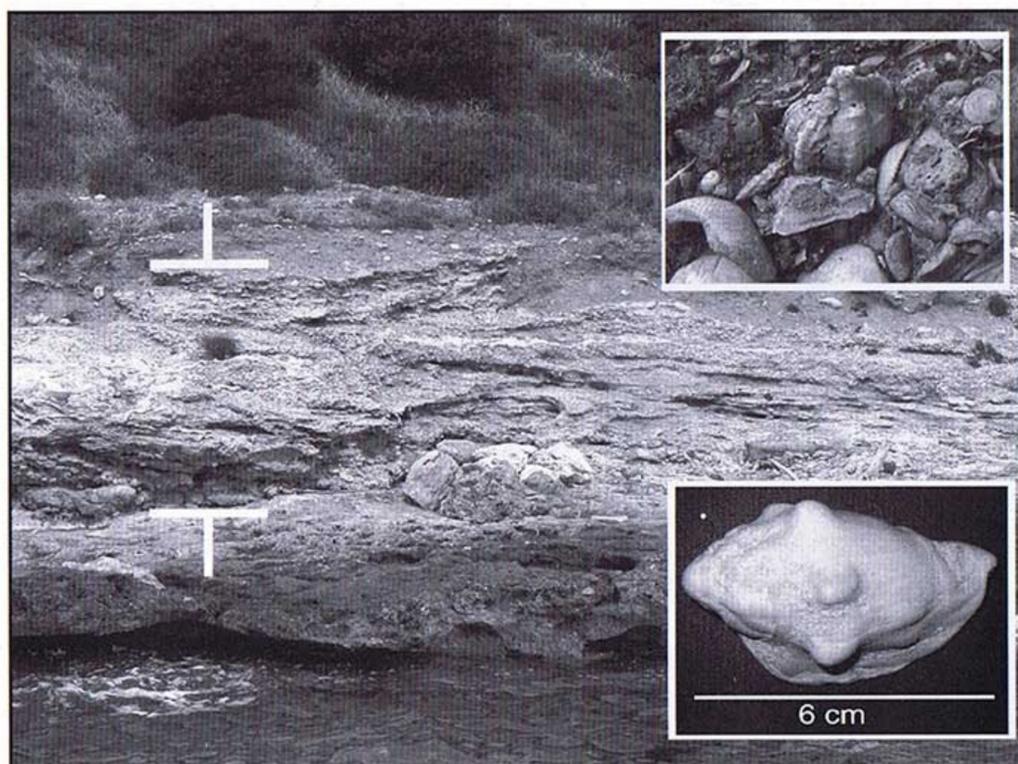
Il ghiaccio polare è un archivio unico di parametri fisici, chimici e ambientali del passato della Terra. Sul *plateau* polare antartico, dove il ghiaccio ha uno spessore di oltre 3 mila metri, a oltre mille chilometri dalla costa, la Francia e l'Italia hanno costruito una stazione scientifica avveniristica: Concordia, dove gruppi di ricerca hanno prodotto una perforazione sino ad una profondità di 3260 m, che ha consentito di decifrare l'evoluzione del clima degli ultimi 830 mila anni.

In Fig 1C, che rappresenta la variazione di temperatura negli ultimi 800 mila anni, sono evidenti 8 innalzamenti di temperatura che definiscono altrettanti cicli climatici, con fasi glaciali e interglaciali, della durata di circa 100 mila anni ciascuno. Se guardiamo in dettaglio l'ultimo ciclo (Fig 1E), da 125 mila anni fa ad oggi, notiamo che la temperatura è diminuita, anche se non linearmente, anzi talvolta con significative inversioni (intorno a 80 e 40 mila anni fa) per raggiungere i valori minimi intorno a 20 mila anni fa (Ultimo Massimo Glaciale), quindi è risalita verso i valori attuali in modo repentino (circa 10 gradi in 5 mila anni). In

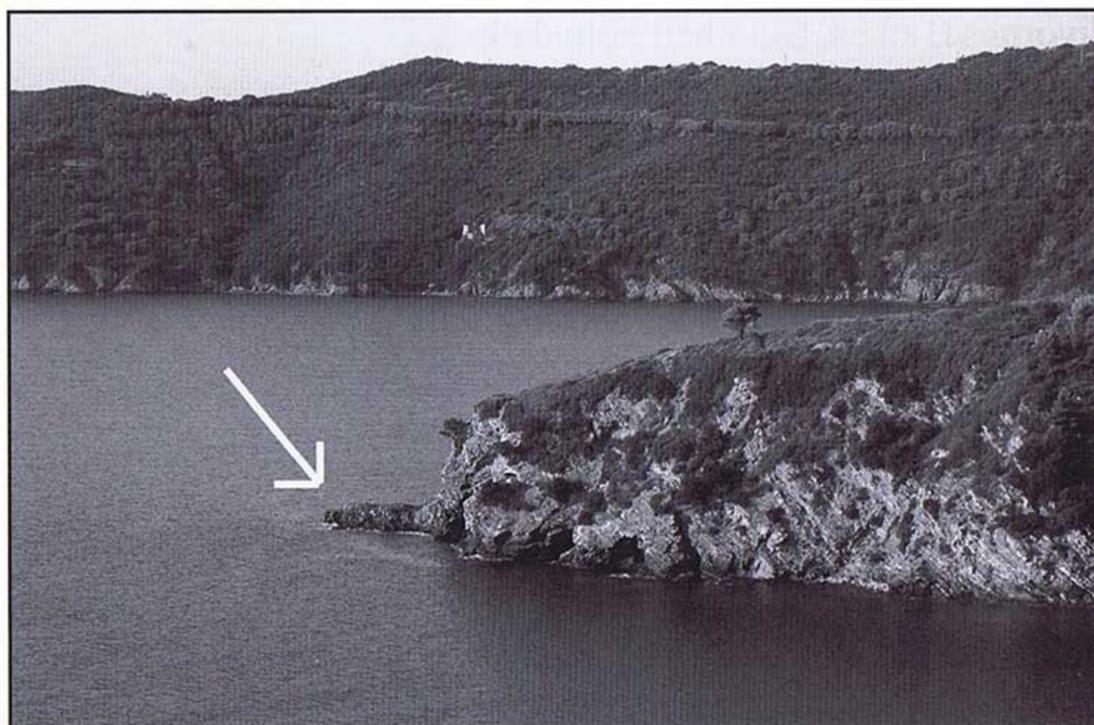
risposta alla diminuzione della temperatura registrata in quest'ultimo ciclo, le calotte glaciali si sono espanse ed ispessite lentamente: quella artica, ad esempio, si è spinta sino a latitudini più meridionali di dove attualmente sono insediate New York o Berlino, per poi contrarsi rapidamente negli ultimi 20 mila anni. A questa dinamica di espansione e contrazione delle calotte ha risposto il livello marino con lenti abbassamenti e bruschi innalzamenti, l'ultimo dei quali, di oltre 100 metri, iniziato 20 mila anni fa, è attualmente ancora in corso.

Noi uomini moderni, che abbiamo sviluppato la nostra civiltà negli ultimi 10 mila anni (un periodo della storia della Terra noto come Olocene) in una situazione climatica relativamente stabile, siamo "ossessionati" dall'idea del cambiamento climatico-ambientale, avendo solo una ridottissima esperienza di ciò che il nostro pianeta ha vissuto. Questa scarsa esperienza non ci fa vivere serenamente il concetto che "niente è certezza sulla Terra se non il cambiamento" e la paura per il futuro e il desiderio di conoscerlo fanno perdere di vista il principio che "l'uomo è capace di capire il presente e di spiegare il passato, ma che non ha alcuna certezza nel predire il futuro". Sconfinare dalla scienza alla filosofia ci porterebbe lontani dallo scopo di questa nota, che vuole solo sollecitare il lettore ad una percezione del paesaggio dell'Elba e della costa tirrenica, non solo estetico e statico, ma dinamico nello spazio e nel tempo.

### Le evidenze nell'alto Tirreno e nell'Arcipelago Toscano



Depositi di sedimenti di circa 120 mila anni fa, affioranti presso il Cimitero dell'Isola di Pianosa. Gli indicatori bianchi sulla foto segnano la base e il tetto dell'unità. La base è formata da un deposito conglomeratico grossolano, in appoggio su rocce più antiche (circa 2 milioni di anni). La porzione medio superiore è invece perlopiù costituita da accumuli fossili di Molluschi, di cui un esempio è nel riquadro in alto. Nel riquadro in basso un esemplare di *Strombus bubonius*, Gasteropode esclusivo nei depositi di mare basso di questo periodo.



Golfo Stella ripreso da Capo Pini: Capo Marinaro, osservato con questa prospettiva, rivela un profilo (spianata di erosione "sospesa", con falesia verticale alle spalle) probabilmente dovuto all'azione del mare di circa 125 mila anni fa, quando quest'ultimo stazionava a quote di 4-5 metri superiori all'attuale.

Nelle isole dell'Arcipelago e lungo la costa toscana sono numerose le evidenze delle variazioni del livello del mare degli ultimi 125 mila anni (Pleistocene superiore). Spesso questi "segni" lasciati dal mare durante le sue variazioni di altezza ed estensione sono ben visibili, altre volte meno. In molti casi, poi, risulta difficile stabilirne un'età precisa. I "segni" della presenza e della dinamica del mare sono depositi di sedimenti, forme scolpite nelle rocce, oppure tracce di organismi che nel mare vivevano.

Osservando il profilo di Fig. 1C si può osservare che 125 mila anni fa eravamo in pieno periodo interglaciale, le calotte polari erano ridotte e il livello medio marino (Fig. 4B) era più alto dell'attuale di circa 6-8 m. In queste condizioni si realizzò una trasgressione, il mare invase ampie fasce della Toscana costiera e inondò le coste delle nostre isole, lungo le nuove spiagge si depositarono ciottoli ora trasformati in conglomerati. Per la zona

livornese, ad es. sono ben note dalla letteratura geologica le bellissime esposizioni della Buca dei Corvi a Castiglioncello o quelle che si osservano presso il porticciolo di Quercianella, mentre per l'Arcipelago Toscano, oltre ad alcuni affioramenti all'Isola del Giglio, sono da ricordare quelli di Pianosa, sempre molto ricchi di resti fossili. In tutti i casi si tratta di depositi di spiaggia, formati al massimo in pochi metri d'acqua. E' infatti questa tipologia ambientale che giustifica la presenza di un gran quantitativo di resti di organismi, perlopiù Molluschi Gasteropodi e Bivalvi. Le associazioni che vi si rinvennero sono molto simili a quelle attuali, anche se fanno eccezione alcune specie, tipiche di questo periodo; forme che prediligevano acque

temperato-calde nord africane e che, seguendo l'innalzamento termico dell'acqua, migrarono verso latitudini più settentrionali, colonizzando anche le acque dell'alto Mar Tirreno. La loro provenienza gli valse l'appellativo, forse anche improprio, di "ospiti senegalesi". Fra queste forme, quella senz'altro più caratteristica è *Strombus bubonius*.

Il mare, oltre all'azione di deposito, ne svolge una di tipo erosivo. Il moto ondoso con la sua forza, nonché trascinando sabbia e ciottoli, modella la costa e si possono riconoscere antiche falesie, spianate di erosione a quote più alte rispetto all'attuale livello del mare, solchi di battente, marmitte di erosione ecc. Altri elementi che provano l'esistenza di un dominio marino in aree oggi emerse sono le tracce lasciate dagli organismi. Le più note sono quelle realizzate da alcuni Molluschi marini che, durante la loro crescita, perforano le rocce carbonatiche realizzando nicchie dove vivono al riparo da ogni predatore e per questa loro abitudine vengono chiamati organismi litodomi. E' il caso ad es. di *Lithophaga lithophaga*, un bivalve noto ai più col nome di



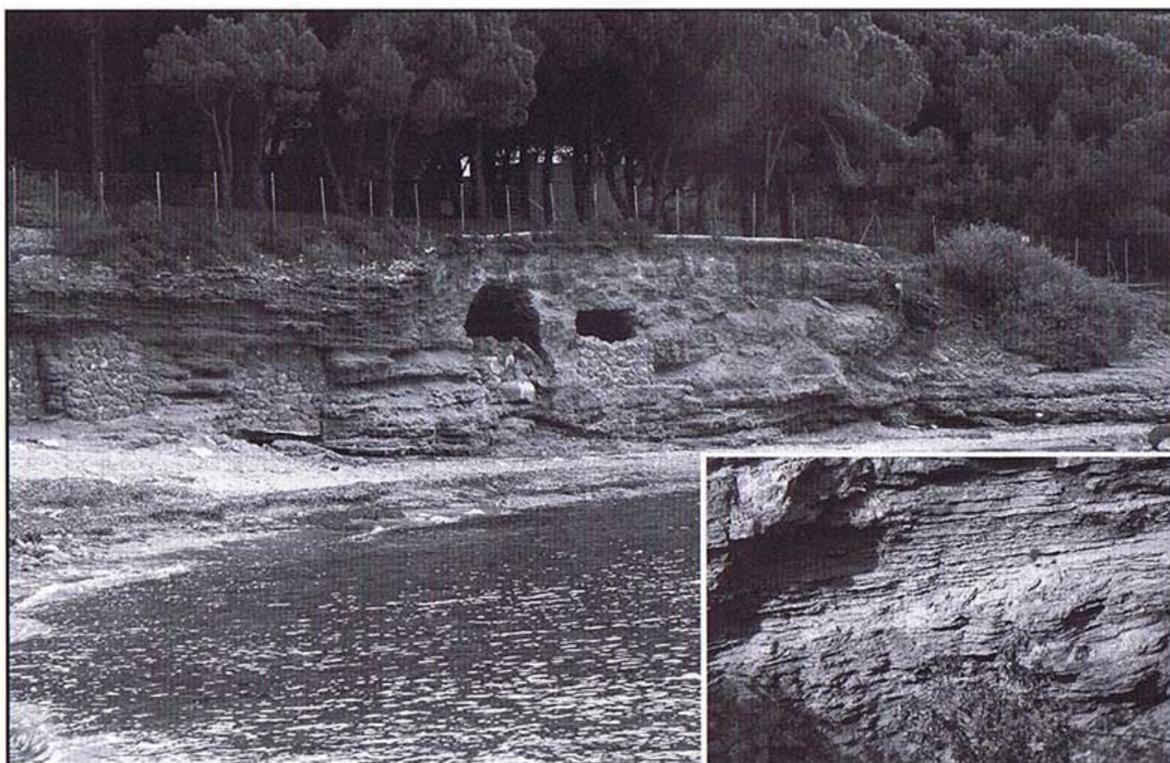
*Dal traghetto che naviga da Piombino verso Portoferraio, appena passato Capo Vita si osservano delle rocce di colore bruno-arancio i cui strati paralleli al versante, si immergono sott'acqua. Si tratta di depositi eolici dell'ultima fase glaciale formati in aree continentali emerse che, a seguito del progressivo innalzamento del livello marino, risultano oggi in parte ampiamente sommerse.*



*Lungo la costa appena a sud del Cavo è presente una formazione di calcari, nei quali fu realizzata in passato anche una vasta attività di estrazione. Oggi sono sempre ben visibili sia il fronte di cava, che i resti delle strutture dove il materiale veniva imbarcato. Proprio nei pressi dei resti del pontile di imbarco i calcari presentano alcune superfici forate da litodomi, le tracce più chiare si osservano ad una quota di circa 1 m rispetto all'attuale livello del mare.*

“dattero di mare”, la cui pesca, oggi proibita, comportò la distruzione di estesi tratti di costa.

A partire da circa 120 mila anni fa (Fig. 1C) il clima si fece mano a mano più rigido, i ghiacciai montani e le calotte polari cominciarono a espandersi, il mare iniziò a regredire (Fig. 4A), intervallando brevi periodi di risalita, e l'aspetto dell'Arcipelago mutò progressivamente. Al culmine di questo processo, circa 20 mila anni fa (Fig. 1C), il livello medio marino era di circa 130 m più



*Durante l'ultima fase glaciale ampie porzioni di fondale marino emersero lasciando il posto ad altrettanto vaste aree di spiaggia sulle quali il vento agiva intensamente, spesso accumulando verso costa ingenti quantità di sabbia in forma di dune eoliche. La sabbia, spinta dal vento, si incuneava lungo le incisioni vallive, come in località Madonna delle Grazie (Capoliveri), dove si osservano sia nella valle, che sulla costa, suggestivi affioramenti di eolianiti. Così sono dette le rocce formatesi a seguito di processi sedimentari guidati dal vento.*

detriti di versante o eolici. All'Elba, sia il primo che il secondo tipo di accumulo, sono molto comuni e spesso ben sviluppati, in particolare nel settore centro orientale. Ma mentre i detriti di versante, che affiorano nelle zone più interne, risultano poco visibili perché coperti dalla vegetazione, quelli eolici, formati nelle zone costiere, sono ben esposti e mostrano significative strutture sedimentarie. Molto suggestivi poi, sono quegli affioramenti dove è possibile osservare chiaramente questi depositi, di origine sub-aerea, giacere oggi anche al di sotto del livello del mare. Infatti, a partire da circa 20 mila anni fa (Fig. 1D) la temperatura ricominciò a aumentare e il livello marino a salire. La temperatura raggiunse valori simili agli attuali intorno a 8 mila anni fa (Fig. 1D), ma il livello marino proseguì nel trend di crescita. Il mare, nella sua inesorabile risalita, ha parzialmente sommerso anche alcune strutture di Epoca Romana realizzate in aree costiere, circa 2 mila anni fa, come è possibile osservare sia lungo il litorale toscano, che a Pianosa e all'Elba. Anche in risposta al riscaldamento globale in atto (Fig. 1E), il livello marino continuerà a crescere nel prossimo futuro. Ai tassi attuali di 3 mm all'anno, alla fine di questo secolo il livello sarà di circa 30 cm superiore all'attuale. Non vi è quindi alcuna fretta per disfarsi delle case sul mare.

*\*Università di Siena*

basso dell'attuale e il mare, regredendo, lasciò scoperte vastissime aree un tempo sommerse. A quell'epoca si sarebbe potuti andare a piedi dallo Scoglio d'Africa fino a Piombino o a Capraia (Fig. 4B). Il ritrovamento in alcune isole di resti di grandi vertebrati (per es. bovini e cervidi) risale infatti a questo periodo, durante il quale gran parte del territorio dell'Arcipelago Toscano poteva facilmente essere "pascolato" dalle mandrie in continuo spostamento. Sempre in quel periodo, il clima rigido favorì l'instaurarsi di un paesaggio più arido di quello che conosciamo oggi e probabilmente vaste superfici risultavano spoglie di vegetazione. Questa condizione climatica favorì rapidi fenomeni di erosione con la contemporanea formazione di ingenti accumuli di



*La Villa Romana della Linguella a Portoferraio risale, nei suoi primi livelli, ad un periodo a cavallo fra il I secolo aC e il I secolo dC. Sia i resti dei mosaici, che dei pavimenti, come quasi tutte le aree più basse del resto della Villa oggi sono spesso invase dall'acqua marina. Questa situazione sarebbe stata insostenibile per l'abitabilità della Villa: l'unica interpretazione è che 2 mila anni fa il livello marino era di circa 1 m più basso dell'attuale.*