

ATTIVITA' DEL CENTRO**I terrazzi marini
dell'isola di Ustica**

di Franco Foresta Martin

Dedico questo articolo sui terrazzi marini di Ustica al nostro Socio Onorario Giovanni Mannino, illustre archeologo e speleologo, in risposta a una sua lettera in cui mi chiedeva chiarimenti e aggiornamenti sulla formazione delle coltri sedimentarie marine nella nostra Isola.

(F.F.M.)

Passeggiando per le varie contrade dell'Isola di Ustica e, meglio ancora, guardando una carta geologica dell'Isola, ci si rende conto che circa la metà dei suoi 8,9 km quadrati di superficie è ricoperta da vulcaniti, cioè da rocce dovute alla sovrapposizione di prodotti come lave, tufi, ceneri e blocchi, espulsi da svariate bocche eruttive, sia sotto sia sopra il livello del mare, durante circa un milione di anni di vita dell'Isola. L'altra metà della superficie di Ustica, invece, è ricoperta da sedimenti marini: cioè da rocce originate da processi chimici in ambiente marino e da accumuli di materiali organici sul fondo del mare. Di questa natura sono, per esempio, le ampie spianate di Tramontana e Spalmatore, o i terreni digradanti di Piano Cardoni e Oliastrello, che i geologi chiamano 'terrazzi marini'. È vero che, scavando in profondità, sotto i terrazzi marini si ritrova il basamento vulcanico, tuttavia l'origine di questi depositi sedimentari può apparire poco chiara a chi sa che Ustica è un'isola di natura essenzialmente vulca-



Veduta parziale della Contrada Tramontana.

nica, paragonabile a un Monte Etna di cui svettano, sopra il livello del mare, soltanto i 244 metri della parte sommitale.

Quali fenomeni possono aver portato a ricoprire una così ampia parte delle originarie rocce vulcaniche con sedimenti che si depositano lentamente nel fondo del mare, per tempi lunghissimi, di decine di migliaia di anni? La risposta sta nelle variazioni del livello medio del mare, in gergo geologico *oscillazioni glacio-eustatiche*, avvenute nel Quaternario (da circa 1,7 milioni di anni fa a oggi), per effetto dell'alternarsi di periodi glaciali e interglaciali, cioè di accumulo e di scioglimento dei ghiacci polari e montani, in corrispondenza di temperature più fredde e più calde.

Le oscillazioni glacio-eustatiche, unitamente a movimenti verticali della crosta terrestre di origine tettonica (dovuti cioè alla dinamica delle placche terrestri) e vulcano-tettonica (dovuti al movimento dei magmi), hanno causato, a Ustica, come in molte altre località, delle prolungate situazio-

ni di inondazione di terre emerse, con conseguente formazione dei terrazzi marini.

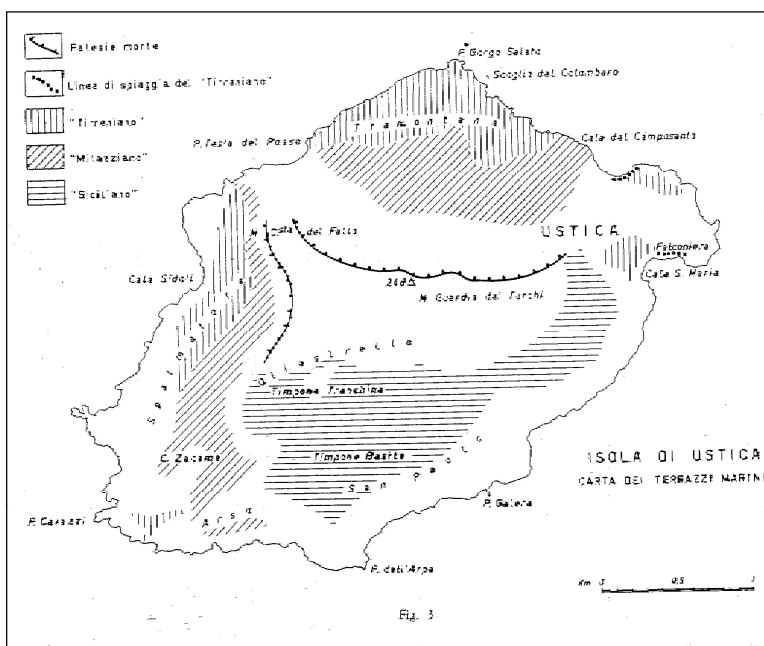
Il meccanismo di formazione dei terrazzi marini si può esemplificare così. Durante un periodo interglaciale, a causa dell'aumento delle temperature medie su scala planetaria, i ghiacci polari e montani si sciolgono in gran parte, causando l'aumento del livello del mare e la sommersione di terre emerse. Sulle aree appena sommerse, innanzitutto, si esercita un'azione abrasiva del mare, che tende a erodere e a spianare; quindi, mano a mano che il livello delle acque cresce e il loro stazionamento si prolunga (e qui parliamo di tempi dell'ordine delle decine di migliaia di anni), si accumulano depositi caratterizzati da sedimenti di varia natura: di tipo chimico, prevalentemente dovuti alla precipitazione di carbonato di calcio contenuto nelle acque marine; di tipo organogeno, consistenti in gusci e parti scheletriche di flora e fauna marina; e di tipo detritico, consistenti in materiali continentali

ORDINE	ALTEZZA	ETA' (k anni)	PIANI
I	90-115 metri	350	Siciliano
II	40- 60 metri	240	Milazziano
III	25-35 metri	130	Tirreniano

Fig.1 Schema dei terrazzi individuati da R. Romano e C. Sturiale nel 1971.

ORDINE	ALTEZZA	ETA'	(PIANI)
I	80-120 metri	350	(Crotoniano, ex Siciliano)
II	40- 60 metri	240+35	(Crotoniano, ex Milazziano)
III	30 metri	132+6	(Eutirreniano, ex Tirreniano)
IV	10 metri	105	(Neotirreniano ex Tirreniano)
V	5 metri	80	(Neotirreniano ex Tirreniano)

Fig. 2 Datazione ed altezza dei cinque terrazzi marini di Ustica.



Carta dei terrazzi marini redatta da R.Romano e C.Sturiale nel 1971.

trascinati in mare dai corsi d'acqua.

Con il successivo irrigidirsi del clima e l'arrivo di una glaciazione, una grande quantità di acqua ritorna ai poli e ai ghiac-

ciai continentali sotto forma di neve; dunque, il livello medio dei mari torna a scendere e riemergono i terrazzi sedimentari formatisi nel frattempo.

Nel corso dell'Era Quaternaria, cioè negli ultimi 1,7 milio-

ni di anni circa, si sono succedute almeno quattro grandi glaciazioni e altrettante interglaciazioni, compresa quella in cui attualmente viviamo. In Europa le glaciazioni quaternarie prendono il nome del Danubio e di alcuni suoi affluenti: Donau, Gunz, Mindel e Wurm. Le interglaciazioni prendono il nome della glaciazione che precede e di quella che segue: Donau-Gunz, Gunz-Mindel, Mindel-Riss e Riss-Wurm. I limiti temporali dei periodi glaciali e interglaciali quaternari sono evidenziati nella tabella geo-cronologica riprodotta qui accanto.

I terrazzi sedimentari marini di Ustica sono formati nel corso dell'interglaciale Mindel-Riss, tra 400.000 e 250.000 anni fa, e dell'interglaciale Riss-Wurm, tra 130.000 e 80.000 anni fa.

Gli studi geologici e paleontologici effettuati a Ustica dai primi del 1900 fino agli anni '70 avevano individuato nell'isola tre ordini di terrazzi, con quote sul livello del mare e età secondo lo schema qui riportato nella figura 1.

Al primo, più antico e più elevato terrazzo venivano attribuite le ampie superfici sedimentarie di Piano dei Cardoni, Oliastrello e San Paolo; al secondo, intermedio quanto a quote e età, quelle di Tramontana alta, Spalmatore alto, nonché la spianata di Punta Testa del Rosso; al terzo più basso e recente, la parte costiera di Tramontana, il settore settentrionale costiero di Spalmatore, e alcune piccole superfici della Falconiera. (Vedere la carta dei terrazzi marini, tratta dal lavoro di Romano e Sturiale, 1971). Ma le datazioni dovute a questo schema erano essenzialmente stabilite su basi stratigrafiche e paleontologiche, e quindi in termini piuttosto approssimativi.

Più approfondite indagini condotte, nell'arco degli anni '90 da ricercatori dell'Osservatorio Ve-

suviano di Napoli (de Vita e Orsi, 1997), hanno portato a rivedere e ampliare il quadro dei terrazzi marini dell'Isola di Ustica. Alle nuove ricognizioni di carattere geologico, paleontologico e strutturale, per meglio definire le quote dei terrazzamenti, si sono aggiunte determinazioni radiometriche basate su un isotopo del Torio (Th 230), che permette di ottenere datazioni assolute. Le quote e le età dei terrazzi del I, del II e del III ordine sono state così meglio precisate. In aggiunta sono stati rilevati altri tre ordini di terrazzamenti più bassi e recenti. In tutto, quindi, la nuova classificazione dei terrazzi marini di Ustica individua cinque ordini di terrazzi secondo il seguente schema. (Vedere figura con i confini dei cinque ordini di terrazzi marini, adattata dalla carta geomorfologica di de Vita).

I terrazzamenti del I ordine si sviluppano nel settore meridionale dell'Isola, lungo un'ampia fascia con orientamento Nordest-Sudovest, a quote comprese fra 80 e 120 metri sul livello del mare, occupando le contrade di: Piano dei Cardoni, San Paolo, Oliastrello e parte di Arso. Nei lavori scientifici su Ustica degli anni '60-'70 questo primo ordi-

ne di terrazzi era attribuito a un piano cronostratigrafico denominato Siciliano, che si verificò durante la lunga fase interglaciale Mindel-Riss. Nei lavori più recenti, la terminologia con cui si indica questa facies sedimentaria è stata aggiornata: e ora si parla di Crotoniano. I metodi di datazione radiometrica permettono di collocare la formazione di questo primo ordine di terrazzi, con buona precisione, attorno a 350 mila anni fa..

I terrazzamenti del II ordine sono essenzialmente due. Il più ampio, ricopre la parte alta di contrada Tramontana, allungandosi in direzione Est-Ovest, a quote fra 40 e 50 metri. L'altro copre la porzione meridionale di Spalmatore a quote fra 50 e 60 metri. Altre piccole superfici correlabili a un terrazzamento del II ordine si trovano pure a Sud dei rilievi dell'Arso. Anche in questo caso è necessario aggiornare la terminologia del piano di facies, che non viene più chiamata Milazziano ma, ancora una volta, Crotoniano. L'età di formazione, stabilita con metodi radiometrici, è di circa 240 mila anni fa, ma in questo caso il margine di incertezza è abbastanza ampio: 35 mila anni in più o in meno. Anche questa età

corrisponde alla fase interglaciale denominata Mindel-Riss.

Il terrazzamento del III ordine è, per la maggior parte, compreso nelle quote intermedie del piano di Tramontana, cioè fra 30 e 40 metri, allungato secondo un asse E-W, quasi parallelamente al terrazzo di II ordine, da cui si distingue perché forma con esso un vero e proprio gradino. Altre piccole superfici sono presenti a sud dell'Arso, nella parte meridionale di Spalmatore e in quella più settentrionale della Falconiera. La nuova terminologia chiama questo piano di facies non più Tirreniano, ma Eutirreniano. Le datazioni radiometriche lo collocano 132 mila anni fa, con un margine di incertezza di 6 mila anni in più o in meno. Siamo nell'interglaciale Riss-Wurm.

Il terrazzamento del IV ordine occupa un'ampia fascia centro-settentrionale di Spalmatore fra 10 e 20 metri di quota, andando da Punta di Megna fin quasi Punta Spalmatore; sempre in questa contrada, ricopre anche un piccolo promontorio sotto la Torre Vecchia; e si ritrova pure a Tramontana, in una piccola fascia che ricopre la parte più settentrionale e che si affaccia sulla costa, tra Cala del Camposanto e Punta del Gorgo Salato.

Ustica e il termometro della terra

Che una ricerca più approfondita sui terreni di Ustica abbia portato a riconoscere non solo tre, ma cinque ordini di terrazzi sedimentari marini di età differente, lo può capire anche il profano. Prima il geologo poteva contare solo su osservazioni stratigrafiche e paleontologiche, buone per stabilire la successione dei fenomeni e i contesti ambientali che hanno portato alla formazione dei terrazzi marini,

ma imprecise dal punto di vista delle datazioni cronologiche assolute; ora dispone anche di tecniche radiometriche, basate su quegli "orologi naturali" costituiti dagli isotopi radioattivi, che rispondono con buona precisione alla domanda su quando si è formata una data roccia. Fin qui il discorso è abbastanza intuitivo.

Ma che necessità c'era di cambiare anche la terminologia dei cosiddetti "piani" che contrassegnano l'epoca di formazione di un terrazzo marino e i fossili che

lo caratterizzano? Perché sono stati mandati in pensione i termini Siciliano, Milazziano e Tirreniano, cui ci eravamo abituati leggendo i lavori dei vecchi ricercatori che si sono occupati dei terrazzi marini usticesi?

La risposta sta in una scoperta abbastanza recente: le fasi glaciali e interglaciali sono state più articolate di quanto si pensasse fino a pochi anni fa. Per limitarci al Quaternario, si è scoperto che i grandi periodi glaciali e interglaciali, non sono stati, singolarmente presi, dei

periodi di clima assolutamente stabile, o freddo o caldo. All'interno di ciascuno di essi, si sono alternate oscillazioni fredde e calde, caratterizzate, in alcune località, da profondi cambiamenti della fauna e della flora, da abbassamenti e sollevamenti del livello dei mari. I ricercatori, di conseguenza, hanno dovuto introdurre nuovi piani stratigrafici e nuovi criteri di classificazione per giustificare le associazioni faunistiche diverse, altrimenti incompatibili con un clima stabile per lunghi periodi, e la formazione di superfici terrazzate dovute a più articolati cicli trasgressivo-regressivi.

Un vero e proprio salto di qualità nella ricostruzione delle fasi fredde e calde, anche quelle di più modesta entità, è stato compiuto grazie alla scoperta che le variazioni climatiche sono accompagnate da variazioni del rapporto fra due isotopi

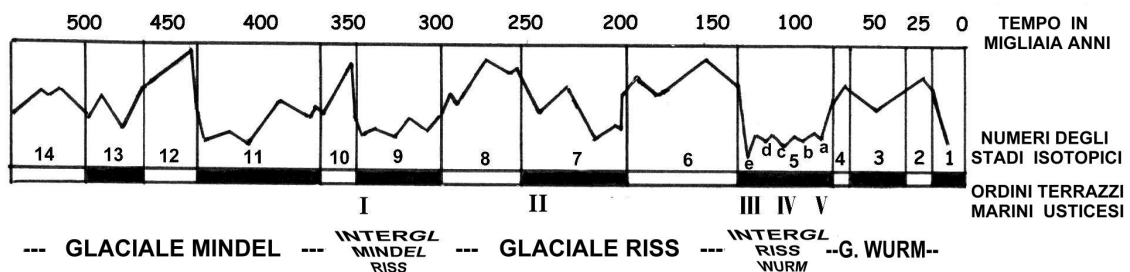
dell'ossigeno presenti nelle acque marine. I due isotopi sono l'ossigeno 16 (O_{16} , caratterizzato da un nucleo atomico con 8 protoni e 8 neutroni) e l'ossigeno 18 (O_{18} , con 8 protoni e 10 neutroni). E' da sottolineare il fatto che, se si considera un intervallo di tempo breve, dal punto di vista geologico, dell'ordine dei secoli, il rapporto fra i due isotopi dell'ossigeno è costante e eguale in tutti i mari della Terra. Nel corso delle migliaia di anni, invece, il rapporto fra i due isotopi cambia. Vediamo perché.

Pur essendo identici da un punto di vista chimico, i due isotopi hanno un comportamento fisico diverso. L' O_{16} , essendo più leggero, ha maggiore facilità a evaporare e a restare sospeso allo stato di vapore nell'atmosfera, rispetto all' O_{18} . E' proprio in virtù di questa diversità che le proporzioni fra i due isotopi sono soggette a variare, in funzione dei grandi cam-

biamenti climatici.

Infatti, nei periodi freddi, all'arrivo di una glaciazione, quando una frazione consistente delle precipitazioni ricade sotto forma di neve e le calotte polari si espandono, l' O_{16} tende a migrare dagli oceani alle zone polari. Negli oceani, di conseguenza, il rapporto O_{16}/O_{18} diminuisce. Al ritorno di un periodo caldo, cioè negli interglaciali, quando grandi volumi di ghiaccio di sciolgono e ritornano ai mari sotto forma di acqua, il rapporto O_{16}/O_{18} delle acque marine risale.

Gli organismi che vivono nel mare, e che alla loro morte depositano i loro gusci sul fondo, conservano il rapporto fra i due isotopi dell'ossigeno che caratterizzava le acque al tempo della loro effimera esistenza. Così, dalla misura del rapporto O_{16}/O_{18} nei gusci fossili dei sedimenti marini, è possibile ricostruire le continue oscillazioni



I cinque ordini di terrazzi marini di Ustica (nel grafico indicati in numeri romani) e la curva di Shackleton e Hopdike che registra, attraverso il rapporto degli isotopi dell'ossigeno O_{16}/O_{18} , gli alti e bassi della temperatura terrestre. Nel grafico qui riprodotto, i segmenti scuri sotto la curva corrispondono ai periodi complessivamente più caldi, quelli chiari ai periodi freddi. Ma, come si vede dall'andamento spezzato della curva, sia durante gli uni che gli altri, ci sono vistose oscillazioni, che possono portare a fasi di espansione e di riduzione glaciale, con abbassamenti e innalzamenti dei mari. In particolare, in questa curva ricavata da carote di ghiacci polari, i valori più alti del rapporto O_{16}/O_{18} (cioè i picchi della curva) corrispondono alle fasi relativamente più fredde, mentre i valori più bassi (minimi della curva) alle fasi più calde, come quella che stiamo vivendo negli ultimi 10 mila anni. I numeri in alto indicano la scala dei tempi in migliaia di anni: parte da 0 (estremità destra), cioè dai tempi attuali, e arriva a poco più di 500 mila anni fa. E' stato selezionato questo intervallo di tempo perché corrisponde al periodo in cui il vulcano di Ustica è emerso dal mare, diventando un'isola modellata, fra l'altro, anche dalle grandi oscillazioni del livello delle acque conseguenti agli alti e bassi della temperatura terrestre. I numeri in basso, da 1 a 14, rappresentano i cosiddetti 'stadi isotopici' della curva, a cui può essere correlata la formazione dei terrazzi sedimentari marini in tutto il mondo. Le cifre omane da I a V rappresentano i cinque ordini di terrazzi marini riconosciuti a Ustica, che sono correlati rispetto agli stadi isotopici della curva di Shackleton e Hopdike secondo la seguente corrispondenza: I ordine, stadio isotopico 9; II ordine, stadio isotopico 7; III ordine, stadio isotopico 5e; IV ordine, stadio isotopico 5c; V ordine, stadio isotopico 5a. Alla base del grafico, infine, i periodi glaciali e interglaciali secondo la nomenclatura classica. Dal confronto con la curva, ci si rende conto che essi non sono affatto periodi di freddo o di caldo stabile, come si riteneva un tempo.

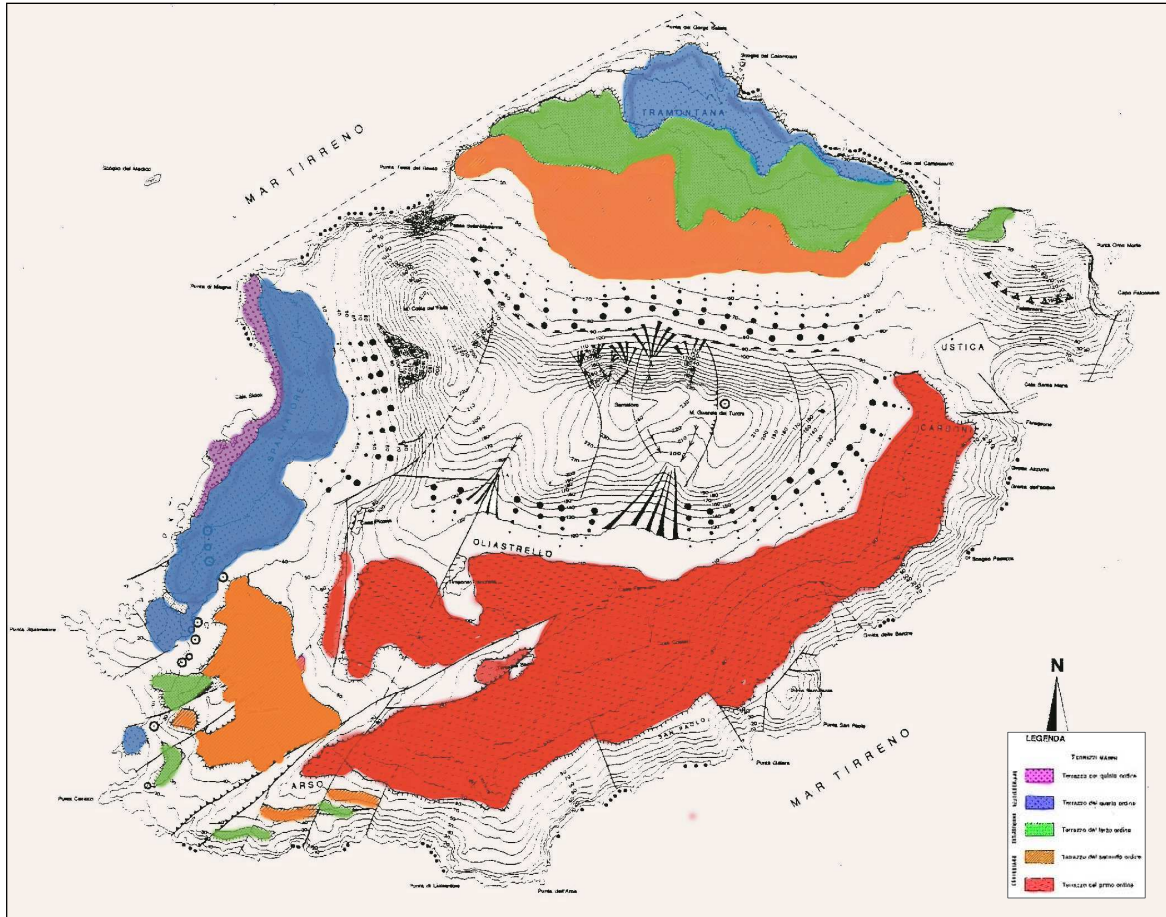


Fig. 2 - cinque ordini di terrazzi marini usticesi evidenziati con colori diversi su una carta geomorfologica adattata da Sandro de Vita (1993).

Segue da pag. 29

climatiche, dal freddo al caldo e viceversa.

Le analisi isotopiche negli organismi marini trovano una loro controparte in quelle effettuate nelle "carote" di ghiacci prelevate ai poli, in depositi che sono rimasti indisturbati per millenni. Nei ghiacci, ovviamente, gli alti e bassi della curva O_{16}/O_{18} , sono speculari rispetto agli oceani. Qui, infatti, il rapporto fra i due isotopi dell'ossigeno aumenta durante i periodi glaciali e diminuisce durante gli interglaciali.

Dopo anni di indagini e campionamenti in varie parti del mondo, due studiosi di glaciazioni, N. Shackleton e N. Hopdike, hanno potuto ricostruire un grafico dettagliato della

sequenza di fasi fredde e calde verificatesi nel Quaternario dove, oltre ai quattro grandi periodi glaciali e ai quattro interglaciali, ne compaiono diversi altri, più brevi ma altrettanto significativi, che sono stati numerati, da 1 in poi, partendo dall'attuale interglaciale e andando a ritroso nel tempo, in modo tale da offrire ai ricercatori una correlazione precisa fra eventi climatici su scala globale e formazione di terrazzi marini su scala locale. Questo grafico prende il nome di 'curva di Shackleton e Hopdike' e può essere considerato una specie di registrazione termometrica della temperatura terrestre.

Alla luce di queste scoperte

ora, nella letteratura scientifica, quando si cita il periodo di formazione di un terrazzo marino, ci si riferisce anche al numero attribuito allo "stadio isotopico" (cioè al rapporto O_{16}/O_{18}) della curva Shackleton e Hopdike ad esso correlabile. Nel caso di Ustica, i cinque terrazzi marini sono stati correlati secondo quanto illustrato dal grafico pubblicato qui accanto, che riproduce le oscillazioni della curva di Shackleton e Hopdike, ricavata da carote glaciali, nell'ultimo mezzo milione di anni, cioè limitatamente al periodo in cui il complesso vulcanico di Ustica è emerso dal mare diventando un'isola.

SANDRO DE VITA
FRANCO FORESTA MARTIN