

PIANO DEL PARCO

(art. 14 l.r. 5/99)

RUP: Dott.ssa Biologa Luisanna Massa

DIREZIONE: Dottore Agronomo Claudio M. Papoff

COORDINAMENTO :

Prof. Arch. Franco Karrer - esperto di pianificazione urbanistica e di materie ambientali

Ing. Franco Piga - esperto di pianificazione urbanistica e infrastrutture

CONSULENTI :

Geologo Prof. Vincenzo Pascucci

oggetto:

LA SPIAGGIA FOSSILE

RELAZ. GEN.

ALLEGATO C

- Ottobre 2022 -



PIANO DEL PARCO NATURALE REGIONALE DEL MOLENTARGIUS SALINE

(ART. 14, L.R. SARDEGNA N. 5/1999)

LA SPIAGGIA FOSSILE

La Sardegna è caratterizzata dalla presenza lungo le sue coste depositi sillico-clastici interpretati come sistemi spiagge sviluppatasi durante la fase di massimo sollevamento del mare dell'ultimo interglaciale MIS5e (125ka). Uno dei sistemi meglio preservati dell'isola è quello di Is Arenas all'interno del Parco Naturale di Molentargius-Saline. Gli affioramenti si trovano nell'entroterra del golfo di Cagliari tra la spiaggia del Poetto e la laguna di Molentargius. Numerosi sono stati gli studi condotti in passato su questo sistema sia per attribuirlo ad un preciso intervallo cronostratigrafico, sia per definirne le modalità di evoluzione. Sulla base del contenuto di fossili, delle datazioni assolute fatte con la Electron Spin Resonance (ESR) sempre su il guscio di alcuni fossili e per analogia con depositi limitrofi datati con il metodo U/Th, questo sistema è stato riferito al Tirreniano (MIS5e). Tuttavia, le età radiometriche eseguite comprendono una fascia temporale troppo ampia (160-73 ka compreso l'errore) per vincolare in modo preciso l'evoluzione del sistema spiaggia di Is Arenas/Molentargius al solo al MIS5e. Va inoltre segnalato che recenti studi fatti per la realizzazione della Nuova Carta Geologica d'Italia (1:50.000) hanno messo in dubbio l'attribuzione del sistema al Tirreniano ritenendolo molto più giovane, ovvero Olocenico.

Per capire meglio come si sono formate e sviluppate la spiaggia di Is Arenas/Molentargius durante l'ultimo interglaciale (o l'Olocene), è stato condotto studio sedimentologico di dettaglio sia degli affioramenti dell'area di Is Arenas che sulle carote di due pozzi fatti a carotaggio continuo nell'area di studio. Gli studi sono stati integrati con rilievi georadar e datazioni assolute luminescenza.

Il Parco è un'area umida estesa su un territorio di circa 1600 ettari delimitata dall'espansione urbana dei Comuni di Cagliari, Quartu Sant'Elena, Selargius, Quartucciu e dal lungomare del Poetto. Nasce nel 1999 (Legge Regionale n°5 del 26/02/1999) con l'obiettivo di tutelare e valorizzare un sito di interesse internazionale, già inserito dal 1977 nella Convenzione Ramsar per la sua rilevanza con luogo di sosta, svernamento e nidificazione di numerose specie di uccelli acquatici.

L'eccezionalità di questa area è data dalla presenza di bacini sia di acqua dolce che salata, separati da una piana con caratteristiche di prevalente aridità denominata Is Arenas. Le zone ad acqua dolce sono costituite dagli stagni del Bellarosa Minore e Perdalunga, nati come vasche di espansione delle acque meteoriche. Le zone di acqua salata comprendo gli specchi d'acqua dell'ex sistema produttivo delle Saline di Stato di Cagliari, costituiti dal Bellarosa Maggiore o Molentargius (vasca di prima evaporazione), dallo Stagno di Quartu (vasche di seconda e terza evaporazione), dalle altre vasche salanti (saline di Cagliari) e dal Perda Bianca (ex bacino di raccolta delle acque madri).



Figura 1. Il Parco Naturale del Molentargius-Saline. Con il cerchio rosso è segnata l'area di studio.

All'interno del parco, presso il cordone litorale di Is Arenas, affiorano a circa 4-6 m di altezza sopra il livello del mare, dei depositi grossolani costituiti da sabbie e ghiaie a stratificazione incrociata sia a basso che alto angolo. Lo spessore in affioramento è di circa 4 m, mentre quello complessivo stimato in base ai sondaggi è di circa 30 m. Questi depositi sono stati riferiti sulla base delle macrofaune e datazioni fatte con Electron Spin Resonance (metodo che misura la quantità di elettroni disaccoppiati nelle strutture cristalline che sono state esposte a radiazioni naturali. L'età è determinata misurando il dosaggio delle radiazioni immagazzinate che funzione del tempo) al Tirreniano ed interpretati da vari autori come spiagge fossili.

Datazioni al radiocarbonio ^{14}C hanno messo in dubbio l'attribuzione al Tirreniano (ultimo interglaciale), ritenuto rimaneggiati molti dei fossili tipici di questo intervallo di tempo e riferito la successione all'Olocene. Una nuova campagna di studi e datazioni si è resa necessaria per inquadrare in modo preciso questi depositi.

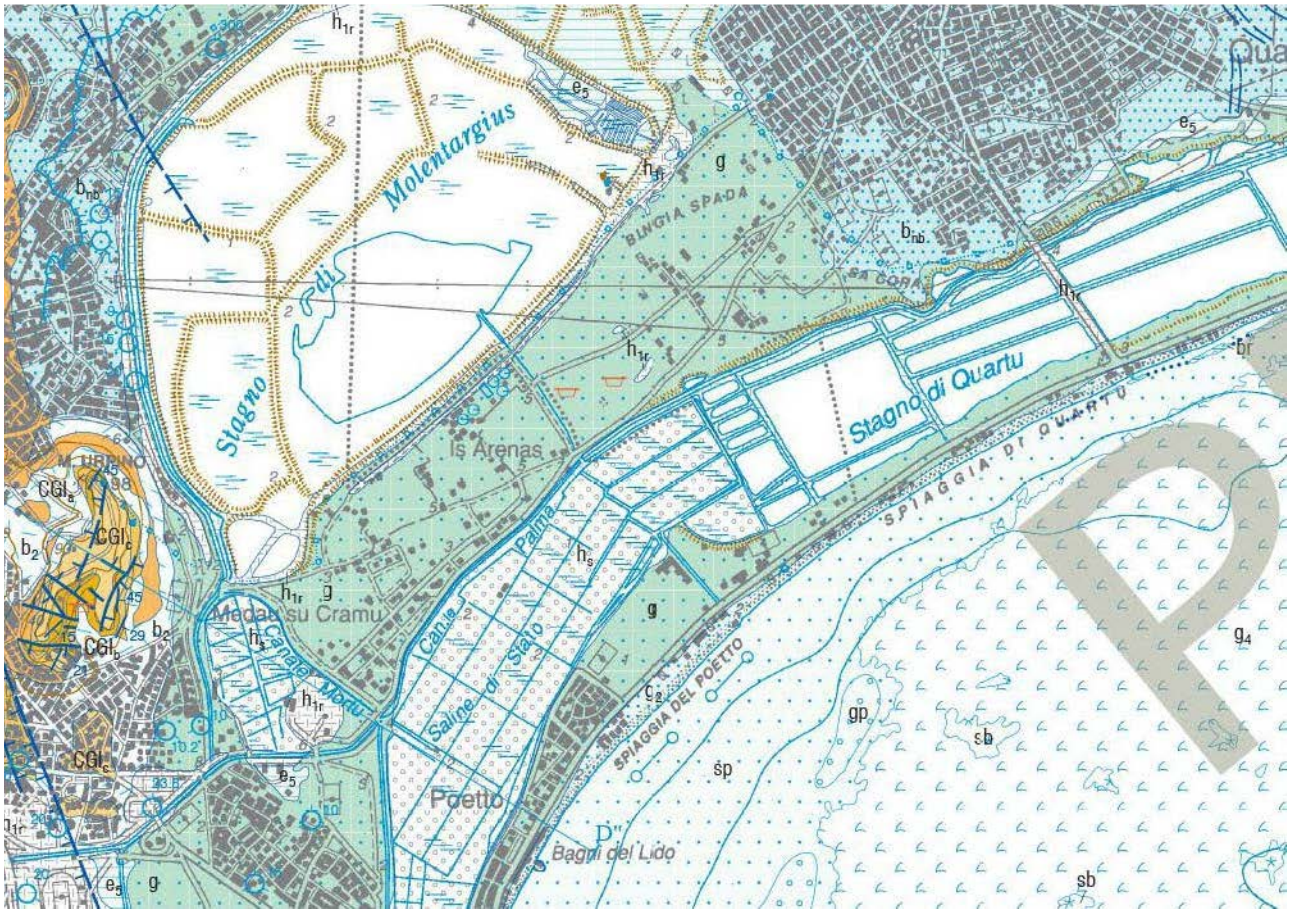


Figura 2. L'area di Is Arenas

Metodo di indagine

Sono stati fatti due nuovi sondaggi nell'area di Is Arenas di profondità rispettiva di 20 e 10m. E' stata fatta la ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo tarandola con dei rilievi georadar eseguiti nell'area. I campioni sia dei sondaggi che dell'affioramento sono stati datati con il metodo della luminescenza.

Definizione di spiaggia

Una spiaggia è un'area costiera, inclinata verso mare (o lago), abbastanza stretta e nella quali i sedimenti (sabbia e/o ghiaia) si accumulano. Configurazione e geometria di una spiaggia dipendono dall'azione dei processi costieri, quali apporto di sedimenti e tipo di sedimento coinvolto, onde e maree.

Ci sono tre diversi tipi di spiagge. Il primo si presenta come una striscia di sedimento al confine con una costa rocciosa (A-Attached beach); il secondo è il margine esterno di una pianura fluviale (B-beach strand plain); e il terzo è costituito da una stretta barriera di sedimenti che si estende (anche per diversi chilometri) parallelamente alla direzione generale della costa. Queste barriere separano le lagune dal mare aperto e la loro continuità è interrotta da canali di marea (tidal inlet) (C-regressive barrier island).

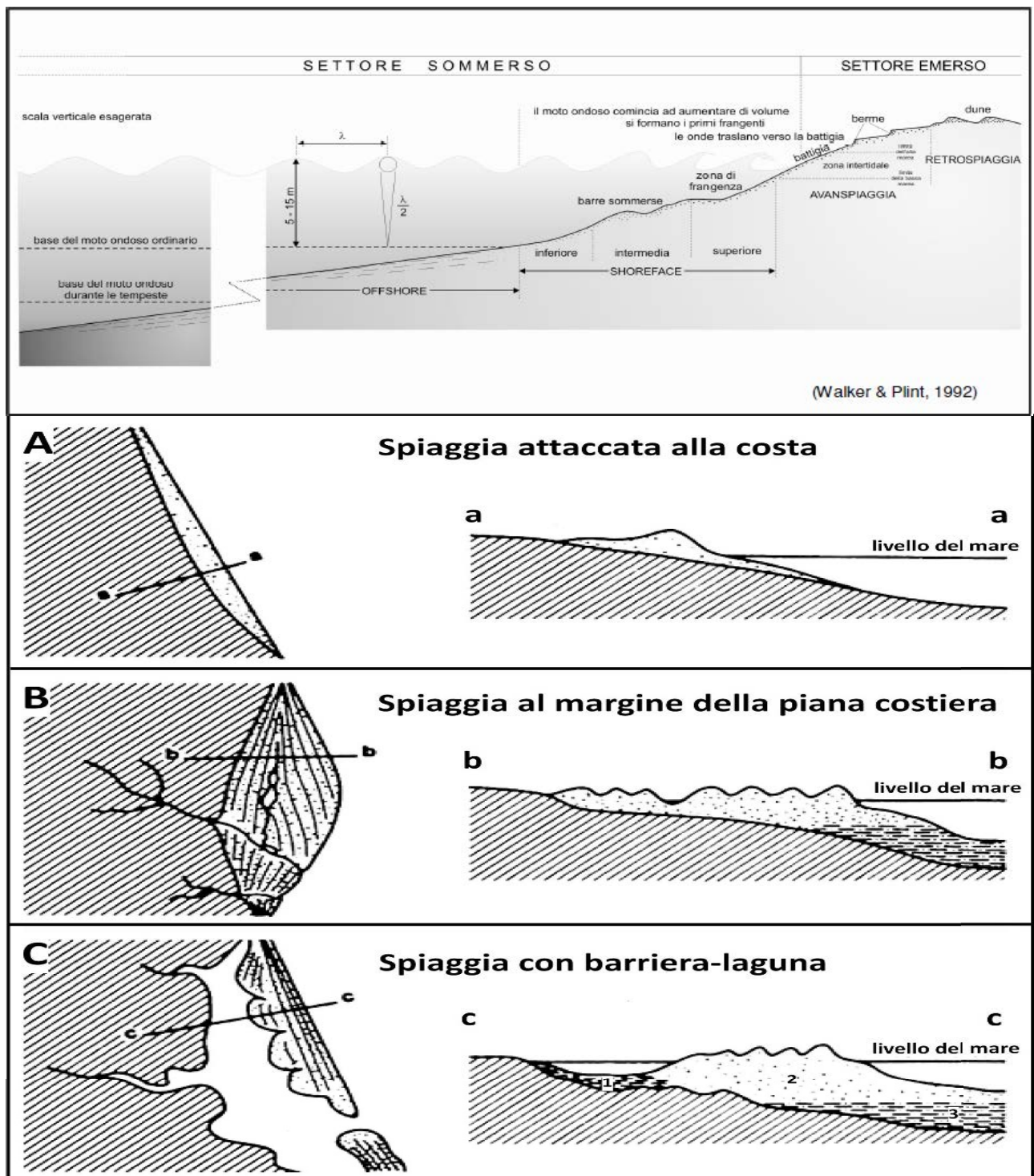


Figura 3. Tipologia di spiaggia. A singola attaccata alla costa; B sistemi di spiagge al margine di una pianura alluvionale; C barrieralaguna. 1=sabbie fini e/o fanghi; 2=sabbie; 3=sabbie fini e fanghi

Una spiaggia è caratterizzata da una porzione emersa (retrospiaggia-backshore), da una porzione alternativamente sommersa e emersa o intertidale (battigia-foreshore) e da una sempre sommersa (spiaggia sommersa-shoreface) (Figura 2, disegno di S. Longhitano modificato dal lavoro di Walker & Plint, 1992). La spiaggia è un ambiente dinamico, fortemente influenzato dall'azione delle onde, pertanto delle mareggiate e, quindi, sia dagli eventi meteorologici che dal clima. La sua forma e dimensioni variano in funzione, principalmente del moto ondoso ed in modo secondario dall'altezza delle maree e dalla composizione e distribuzione dei sedimenti.

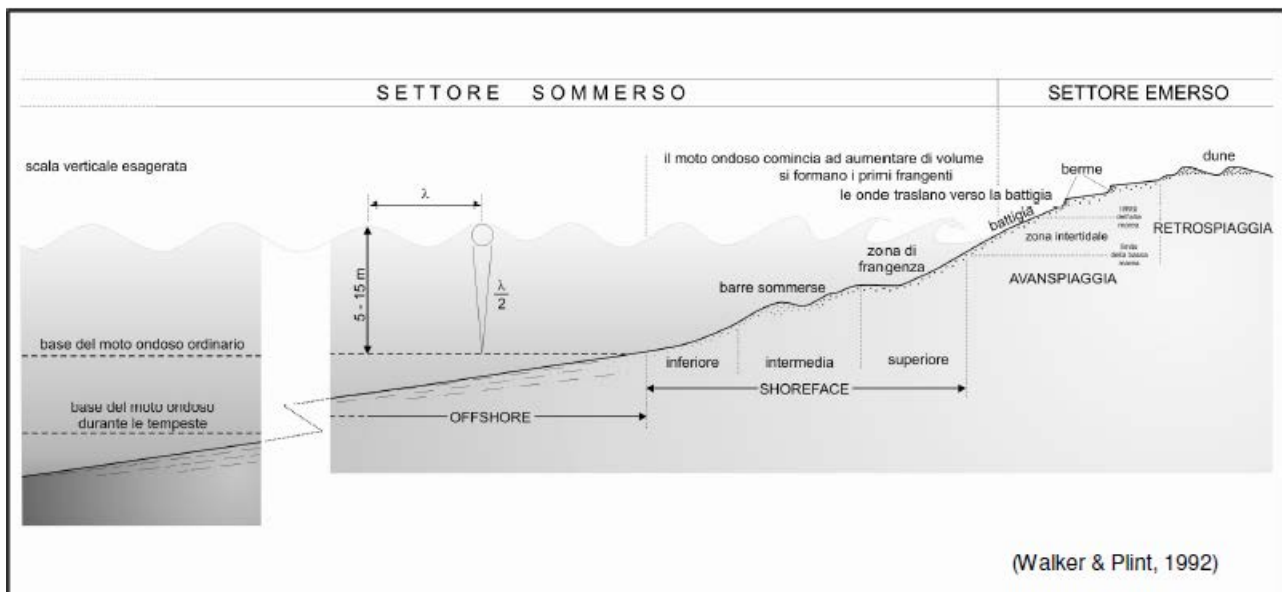


Figura 4. Suddivisione morfologica di una spiaggia

Retrospiaggia, spiaggia intertidale (o avanspiaggia) e spiaggia sommersa (shoreface), se tagliate longitudinalmente, costituiscono il profilo della spiaggia. Questo, in modo molto semplificato, può essere visto come un cuneo immergente verso mare. L'inizio della spiaggia sommersa (parte verso mare) coincide con il momento in cui le onde iniziano ad interagire con il fondo del mare, ovvero, quando la metà della lunghezza d'onda è uguale alla profondità del fondo del mare. La massima estensione della spiaggia verso mare si ha, pertanto, durante le tempeste, ovvero quando le onde hanno una lunghezza maggiore. La massima estensione della spiaggia verso terra si ha durante le fasi di calma. Di conseguenza la spiaggia ha una sua stagionalità e profili diversi tra estate (periodo con poche mareggiate) e l'inverno (periodo di intense mareggiate).

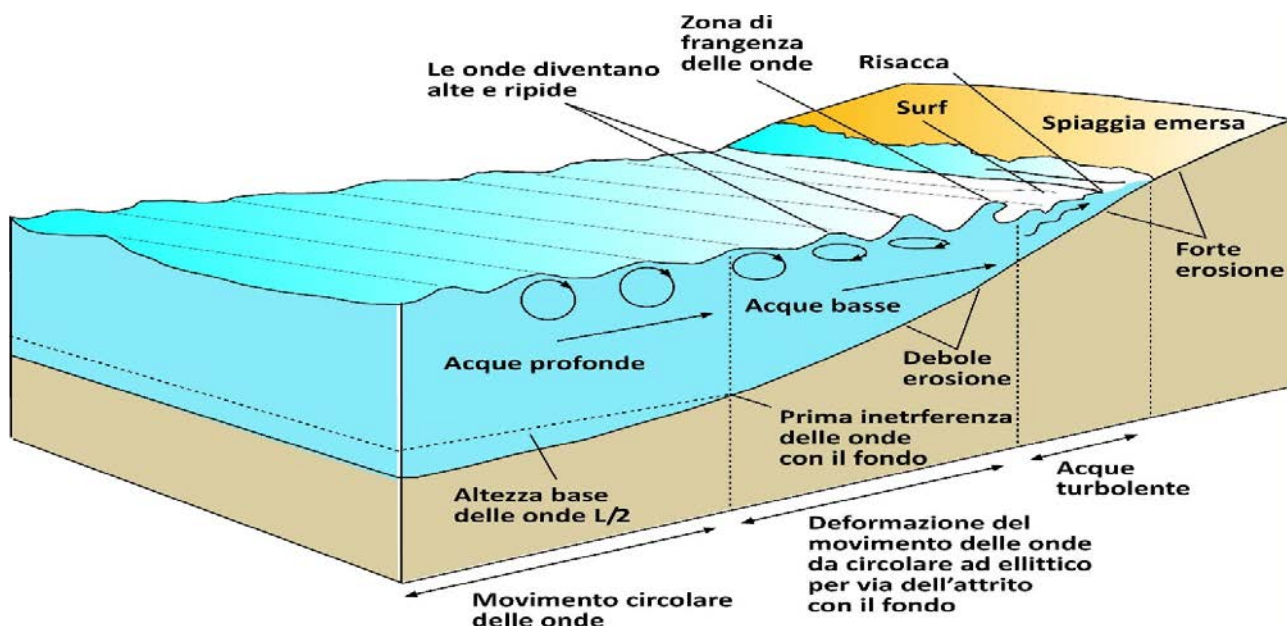


Figura 5. Dinamica del moto ondoso su di una spiaggia: la transizione tra spiaggia sommersa (shoreface) e mare aperto (offshore) = $\lambda/2$ segna il passaggio tra acque profonde e basse. Le onde procedendo verso terra interagiscono con il fondo del mare, vengono schiacciate e sono costrette a diventare più alte e strette fino a che per gravità cadono frangendosi.

Perché su una costa si sviluppi una spiaggia è necessario che il livello del mare sia stabile (ovvero non si alzi né abbassi) e che vi sia un consistente apporto sedimentario, principalmente da terra (fiumi ed erosione di falesie) ma anche da mare (apporto bioclastico). Nella storia geologica recente della terra le spiagge sono sempre state associate a fasi interglaciali, ovvero calde, di alto stazionamento del livello del mare. L'attuale Epoca geologica, l'Olocene, iniziata 11.800 anni fa è infatti un interglaciale.

La presenza di spiagge antiche, fossili, può pertanto essere usata come indicatore del paleo-livello del mare (livello antico del mare).

Cicli glaciali ed interglaciali

Durante il Quaternario, periodo geologico attuale, il pianeta Terra è stato interessato da alternanze di periodi glaciali ed interglaciali modulati dalle variazioni dei parametri orbitali (Cicli di Milankovitch) quali la variazione di eccentricità dell'orbita terrestre intorno al sole, dell'inclinazione dell'asse terrestre e della variazione di eccentricità dell'orbita di rotazione della terra intorno al proprio asse (precessione degli equinozi) (Figura 1). Questi parametri fanno variare in modo significativo la quantità ed intensità di radiazione solare che raggiunge la terra.

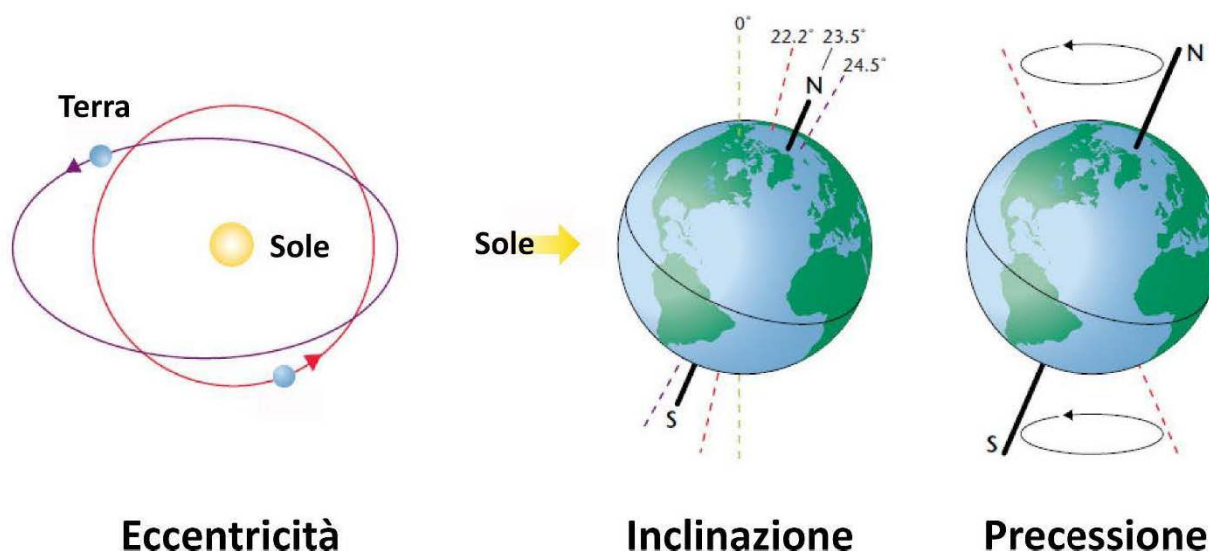


Figura 6. Eccentricità. Quando l'orbita è più allungata la quantità di radiazione solare varia maggiormente raggiungendo un massimo quando la terra è in perielio (più vicina la sole) ed un minimo quando è in afelio (più lontana dal sole). Inclinazione. Quando la terra è più inclinata la quantità di radiazione che ricevono i poli è massima. Precessione. Il cambio di orbita della terra intorno al proprio asse aumenta o diminuisce gli effetti legato all'eccentricità e inclinazione.

L'eccentricità dell'orbita (ellittica) varia da 0.005 a 0.058 (attualmente 0.017). Questa variazione dipende dall'attrazione gravitazionale tra la Terra ed pianeti più grandi e avviene seguendo oscillazioni aventi come periodo circa 413.000, 95.000 e 136.000 anni. Quando l'eccentricità cresce, aumenta la distanza tra Terra e Sole al perielio (punto più vicino al sole) e, quindi, l'insolazione che da un valore quasi uguale a quello registrabile in afelio (punto più lontano dal sole) può arrivare a superarlo di circa il 23% (oggi questo valore è del 6.8%).

L'asse di rotazione terrestre può variare il proprio angolo rispetto al piano dell'eclittica da 22.2° a 24.5° (ora, 23.5°). Il periodo dell'oscillazione è di circa 40.000 anni. All'aumentare dell'angolo aumentano i contrasti stagionali alle medie e alte latitudini. Angoli più bassi favoriscono l'instaurarsi di fasi glaciali. Si chiama precessione degli equinozi la variazione della direzione dell'asse terrestre rispetto alla sfera ideale e, quindi al Sole. Questa variazione comporta periodi di perielio e afelio. La precessione degli equinozi ha un periodo di circa 21.000 anni. Il fenomeno dipende soprattutto dal fatto che l'asse terrestre ruota attorno ad una retta perpendicolare al piano orbitale, con un periodo di circa 26.000 anni. A causa delle forze di marea lunisolari l'ellisse orbitale è soggetta a precessione (spostamento) di verso opposto, principalmente a causa delle interazioni con Giove e Saturno. L'emisfero in cui l'asse è punta verso il Sole al perielio avrà un maggiore contrasto stagionale, mentre l'altro avrà stagioni più miti. Quando l'asse terrestre è tale che gli equinozi cadano vicino ad afelio e perielio, i due emisferi avranno differenze climatiche simili tra le stagioni.

Attualmente, il passaggio al perielio avviene durante l'estate dell'emisfero australe, quello all'afelio durante l'inverno; l'emisfero australe quindi tende ad avere stagioni più estreme.

Ognuno di questi cicli astronomici influenza il clima sulla terra. In particolare i cicli di 100.000 anni, quelli legati al cambio di eccentricità dell'orbita terrestre sono responsabili dei cicli glaciali ed interglaciali che si sono succeduti sulla Terra almeno durante tutto il Quaternario. Questi cicli prendono il nome di

glacioeustatici perché ad ogni ciclo variano sia il volume dei ghiacci (glacio) che quello dei mari (eustatismo).

Ogni ciclico glacio-eustatico dura circa 110-115 mila anni. Durante questi anni la terra passa da un periodo glaciale (indicato con numeri pari) caratterizzato da un generale clima freddo e secco la cui durata è di circa 100 mila anni ad uno interglaciale (numeri dispari) in generale caldo molto umido, più breve (10-15 mila anni) (Figura 2). Durante i periodi glaciali i ghiacciai terrestri aumentano di entità ed avanzano; negli interglaciali si ritirano. L'effetto di questo avanzamento è un abbassamento del livello del mare. Il raffreddamento delle acque marine provoca la loro contrazione in proporzioni considerevoli, 1 grado centigrado in più o in meno della temperatura media dei mari provoca, rispettivamente, una elevazione o un abbassamento di 2 metri del loro livello generale. Inoltre, formandosi ampi ghiacciai i fiumi portano meno acqua al mare e questo di conseguenza si abbassa di livello. Durante l'ultimo periodo glaciale, il cui culmine del quale è avvenuto circa 18 mila anni fa, il mare era sceso di circa 120 m rispetto al livello attuale. Il contrario succede durante le fasi di transizione tra glaciale ed interglaciale: i ghiacciai si sciolgono permettendo ai fiumi di portare verso mare grandi quantità d'acqua che permettono una risalita molto veloce del livello del mare. Il livello attuale del mare è stato raggiunto tra i 6.000 e i 3.000 anni fa. Questo implica che il livello del mare sia salito di circa un metro ogni 1000 anni (1mm all'anno) in modo costante per 12-15 mila anni.

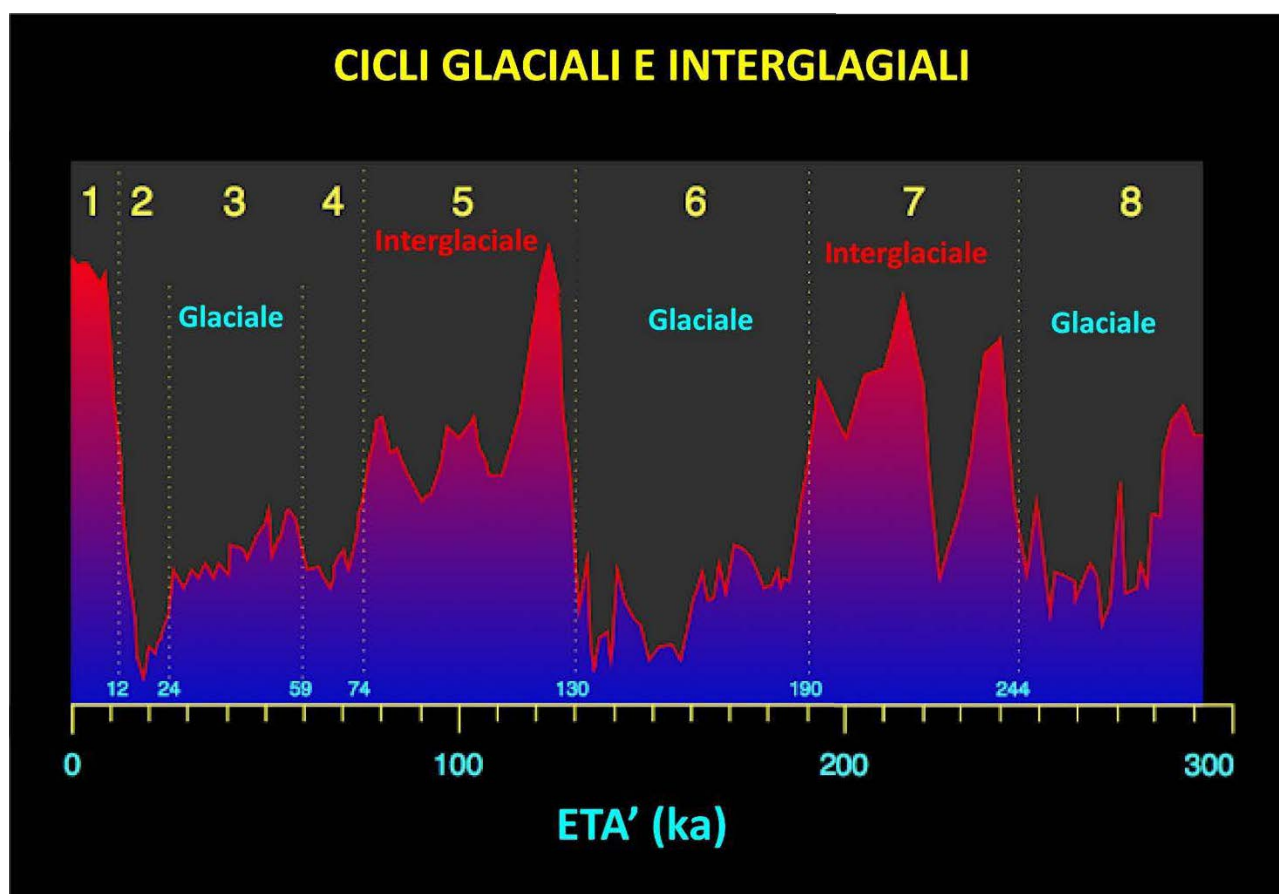


Figura 7. Cicli glaciali (freddi numeri pari) e interglaciali (caldi numeri dispari) degli ultimi 300.000 anni.

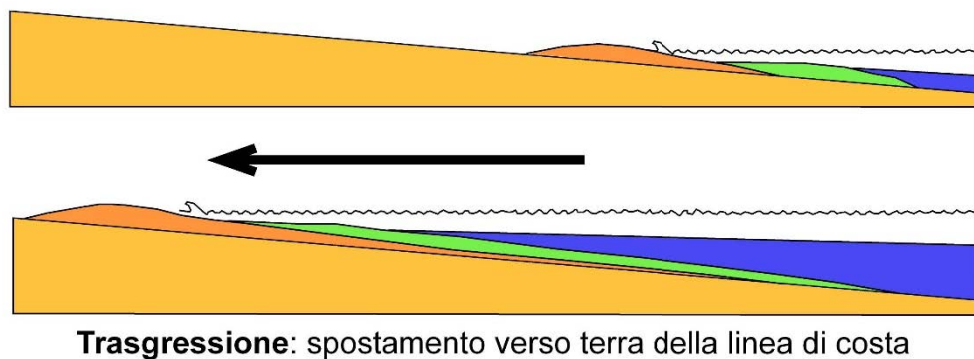
Informazioni sui cicli glaciali ed interglaciali del passato si possono avere attraverso dei proxy climatici (letteralmente dei rappresentanti del clima del passato). Un proxy climatico ad esempio può essere fatto

studiando i fossili, oppure gli ambienti sedimentari del passato. Per il principio dell'attualismo, base della geologia, ciò che succede oggi da un punto di vista sedimentario (cioè deposizionale) è avvenuto con le stesse modalità nel passato. La dinamica di una spiaggia fossile è stata, pertanto, analoga a quella odierna. Il suo studio può contribuire a definire quali fossero le condizioni ambientali e climatiche all'interno della quale questa si è sviluppata.

Trasgressione e Regressione

Una spiaggia si sviluppa quando la risalita del livello del mare (trasgressione) raggiunge la sua massima posizione verso terra (massima ingressione marina=maximum flooding surface). Da questo momento in poi il livello del mare diventa stabile e si possono sviluppare dei sistemi costieri che non rischiano più di essere continuamente sommersi dalla continua risalita del livello del mare. I sistemi costieri (ad esempio i delta e le spiagge) cominciano a costruire i loro apparati ed a svilupparsi verso mare (progradare). Questo processo che vede la linea di riva spostarsi verso mare, viene definito come regressione. Un sistema trasgressivo rappresenta un ciclo sedimentario; questo è legato alla risalita e successivo stazionamento del livello del mare. Se in una fase successiva il livello del mare si abbasserà di nuovo i sistemi costieri subiranno un'erosione e la linea di costa si sposterà "forzatamente" sia verso mare che di batimetrica (o meglio di profondità).

La trasgressione della linea di costa comporta uno spostamento verso terra (retrogradazione) di tutti i sistemi deposizionali



La regressione della linea di costa comporta uno spostamento verso mare (progradazione) di tutti i sistemi deposizionali

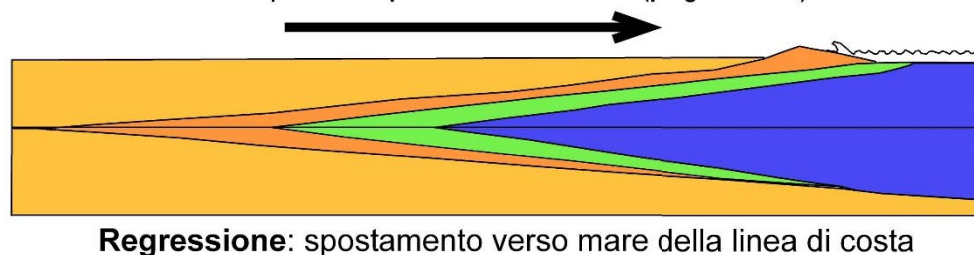


Figura 8. Trasgressione e regressione della linea di costa

DATAZIONI DELLE ROCCE ATTRAVERSO IL METODO DELLA LUMINESCENZA

Introduzione alla Luminescenza

L'età delle rocce è uno tra gli strumenti più importanti che i geologi hanno per potere comprendere e descrivere l'evoluzione del Pianeta Terra dalla sua formazione ad oggi. Nel tempo numerosi metodi di datazione delle rocce sono stati scoperti ed utilizzati. Negli ultimi due decenni il metodo di datazione attraverso la Luminescenza è stato largamente utilizzato per calcolare l'età di rocce relativamente recenti (< 100.000 anni).

Il metodo della luminescenza si basa sulla capacità di alcuni minerali (in particolare quarzo e feldspato) di rilasciare, se sottoposti ad una stimolazione termica (Termoluminescenza) o ottica (Luminescenza ottica), l'energia accumulata sotto forma di radiazione luminosa.

Questi minerali sono chiamati "dosimetri", ovvero, sono capaci di accumulare e conservare per tempi molto lunghi l'energia generata dalla radioattività naturale (raggi α , β , γ) a cui sono sottoposti.

Quando i grani di quarzo e/o feldspato sono esposti alla luce solare, durante il trasporto attraverso i fiumi, il vento e/o le onde del mare, l'energia precedentemente accumulata viene completamente azzerata: tale fenomeno è detto "bleaching". Una volta che i minerali si depositano e vengono isolati dalla luce solare (seppellimento), sono sottoposti alla radioattività naturale presente in tutte le rocce e cominciano ad accumulare energia. Il metodo della luminescenza ottica permette di calcolare il tempo trascorso dall'ultima esposizione alla luce ovvero dal momento del seppellimento (t_0) al momento della misura (t_1). In geologia questa misura corrisponde all'età della roccia (Figura 9). Per calcolare l'età di una roccia è necessario conoscere due parametri quali la paleodose e il tasso di radioattività naturale della roccia studiata. La paleodose (D_e) si ricava analizzando direttamente in laboratorio i grani di quarzo e/o feldspato (Figura 10).

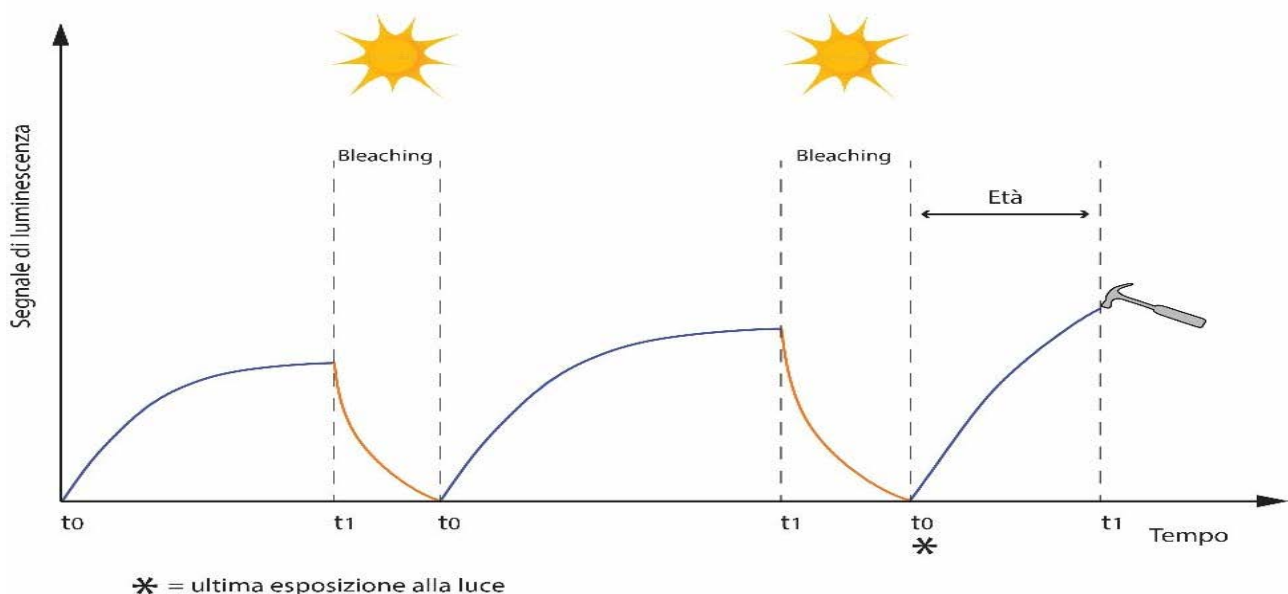


Figura 9. Modalità di ricarica e azzeramento (bleaching) dell'energia accumulata nei grani di quarzo e feldspato durante diversi cicli sedimentari

Per calcolare l'età di una roccia è necessario conoscere due parametri quali la paleodose e il tasso di radioattività naturale della roccia studiata. La paleodose (D_e) si ricava analizzando direttamente in laboratorio i grani di quarzo e/o feldspato (Figura 10).



Figura 10. Foto dello strumento per il calcolo della paleodose (D_e) in dotazione al laboratorio di datazione tramite luminescenza dell'Università di Sassari. Il laboratorio necessita luce controllata.

Il tasso di radioattività naturale della roccia (D_r) si ricava misurando il contenuto dei principali elementi radioattivi quali Uranio (U^{238}), Torio (Th^{232}) e Potassio (K^{40}) (Figura 11).

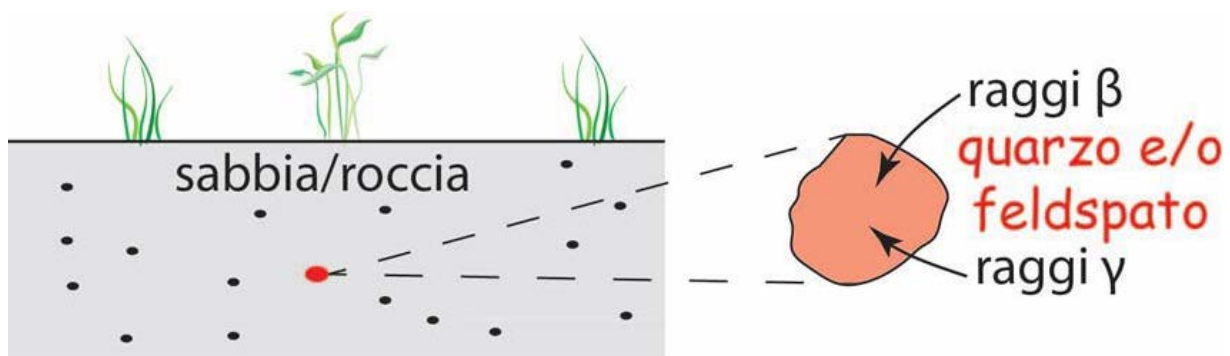


Figura 11. Le emissioni di raggi β e γ dovute alla radioattività naturale (D_r) forniscono l'energia che viene progressivamente accumulata nei grani di quarzo e/o feldspato

L'età del campione, espressa in migliaia di anni (ka) è calcolata tramite la formula:

$$Et\grave{a} = \frac{Paleodose\ D_e\ [Gy]}{Radioattivit\grave{a}\ naturale\ D_r\ [\frac{Gy}{ka}]} [ka]$$

SPIAGGE FOSSILI

Una spiaggia fossile è una spiaggia priva di dinamica. Le sue posizioni sia stratigrafiche che geografiche sono diverse da quelle in cui si è formata. E', pertanto, una spiaggia antica.

Per analogia con le spiagge attuali, è possibile riconoscere anche in quelle fossili le diverse zone. In

particolare, quella studiata presso il Parco delle Saline del Molentargius, è una spiaggia ghiaiosa

(occasionalmente ghiaioso-sabbiosa) della quale si riconoscono molto bene sia la zona relativa alla spiaggia emersa che quella sommersa. I clasti sia delle berme che della battigia sono costituiti da elementi del Basamento Paleozoico e graniti.

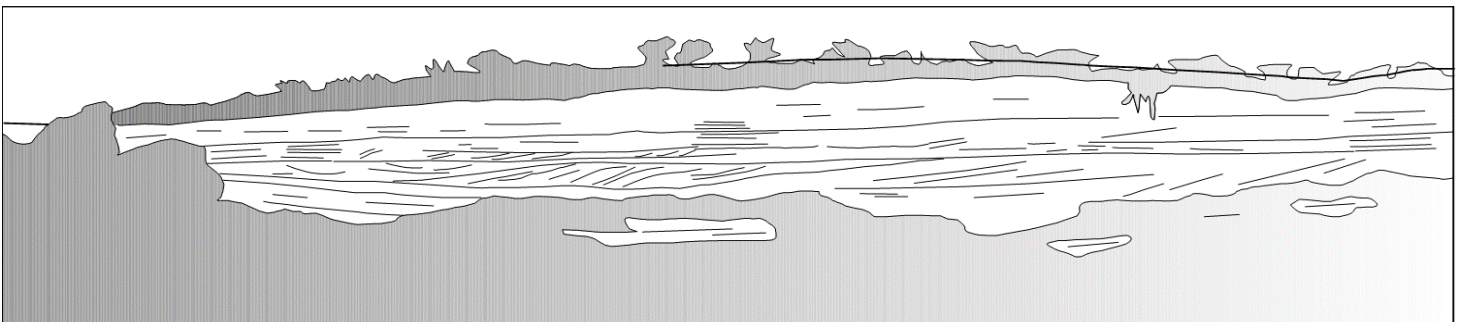
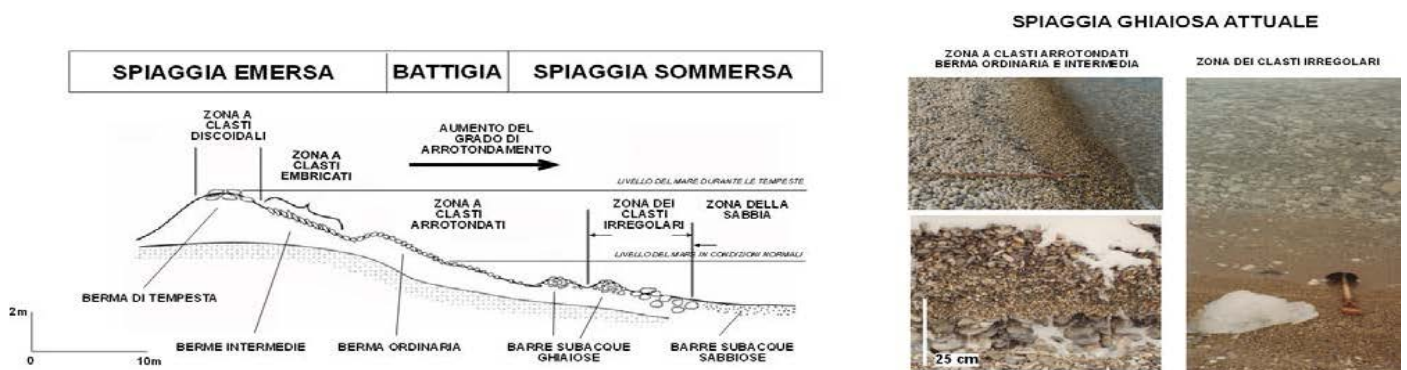


Figura 12. Sopra. Affioramento principale delle sabbie e ghiaie del spiaggia fossile del Parco del Molentargius e Saline. Sotto. Affioramento ortogonale a quello principale: in questo si notino i forset che indicano la progradazione del sistema spiaggia

PARTE EMERSA: BERME E BATTIGIA GHIAIOSE



Figura 13. Parte emersa di una spiaggia: berme

Della parte sommersa si riconoscono le barre tipiche della porzione superiore della spiaggia sommersa che le alternanze arenarie-conglomerati della zona ad alta energia tipiche della porzione intermedia.

PARTE SOMMERSA: BARRE GHIAIOSO SABBIOSE



Figura 14. Parte sommersa di una spiaggia: barre

Le barre sono caratterizzate da arenarie grossolane e stratificazione incrociata ad alto angolo; le alternanze arenarie-conglomerati sono caratterizzate da una laminazione piano parallela orizzontale. Le arenarie sono da grossolane a medie, occasionali le strutture sedimentarie come ripple; i conglomerati hanno clasti ben arrotondati con dimensioni comprese tra i 4mm e i 2 cm generalmente allineati i livelli pressoché orizzontali. I clasti sono costituiti da elementi del Basamento Paleozoico e graniti.

PARTE SOMMERSA: ALTERNANZE ARENARIA-CONGLOMERATI



Figura 15. Parte sommersa di una spiaggia: barre della zona di shoaling (sabbioso-ghiaiose)

I SONDAGGI

Nell'area di studio sono stati fatti due sondaggi a carotaggio continuo della lunghezza complessiva di 30 m (Figura 16).



Figura 16. Ubicazione dei sondaggi SM1 e SM2 nell'area di Is Arenas (Orto Botanico)

Sondaggio SM1

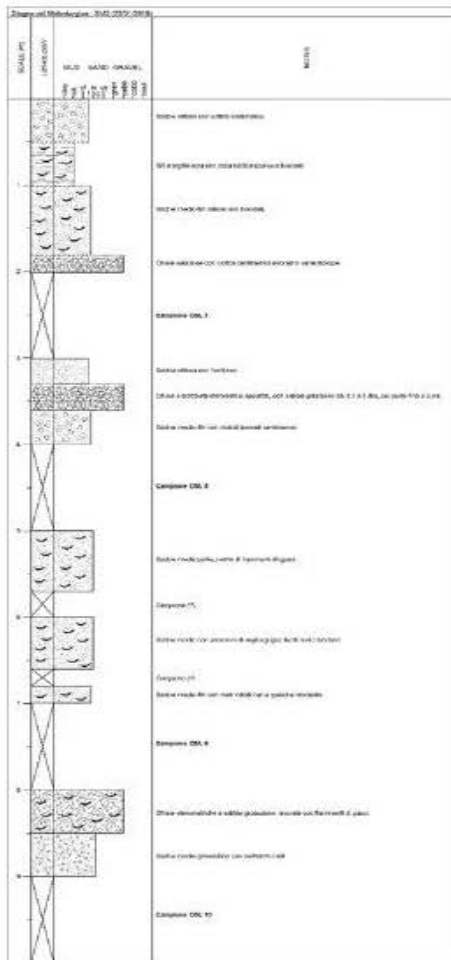


Figura 17. Carote sondaggio SM1



Lo studio delle carote dei sondaggi hanno permesso di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo dell'area di Is Arenas (Figura 20).

SM2



SM1

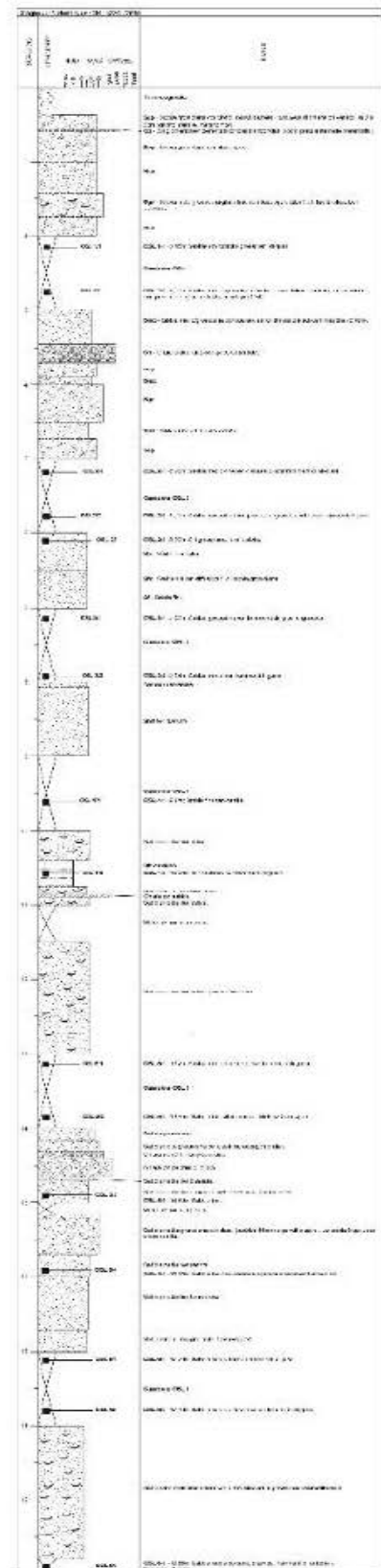


Figura 20. Colonne stratigrafiche come derivate dall'analisi delle carote dei sondaggi SM2 e SM1

Rilievi georadar

Sono stati fatti dei rilievi georadar sia paralleli che ortogonali all'affioramento principale dell'area di Is Arenas (orto botanico). Per i rilievi è stato usato un sistema IDS con antenna schermata da 80MHz.



Figura 21. Area dei rilievi georadar e fasi dell'acquisizione dati

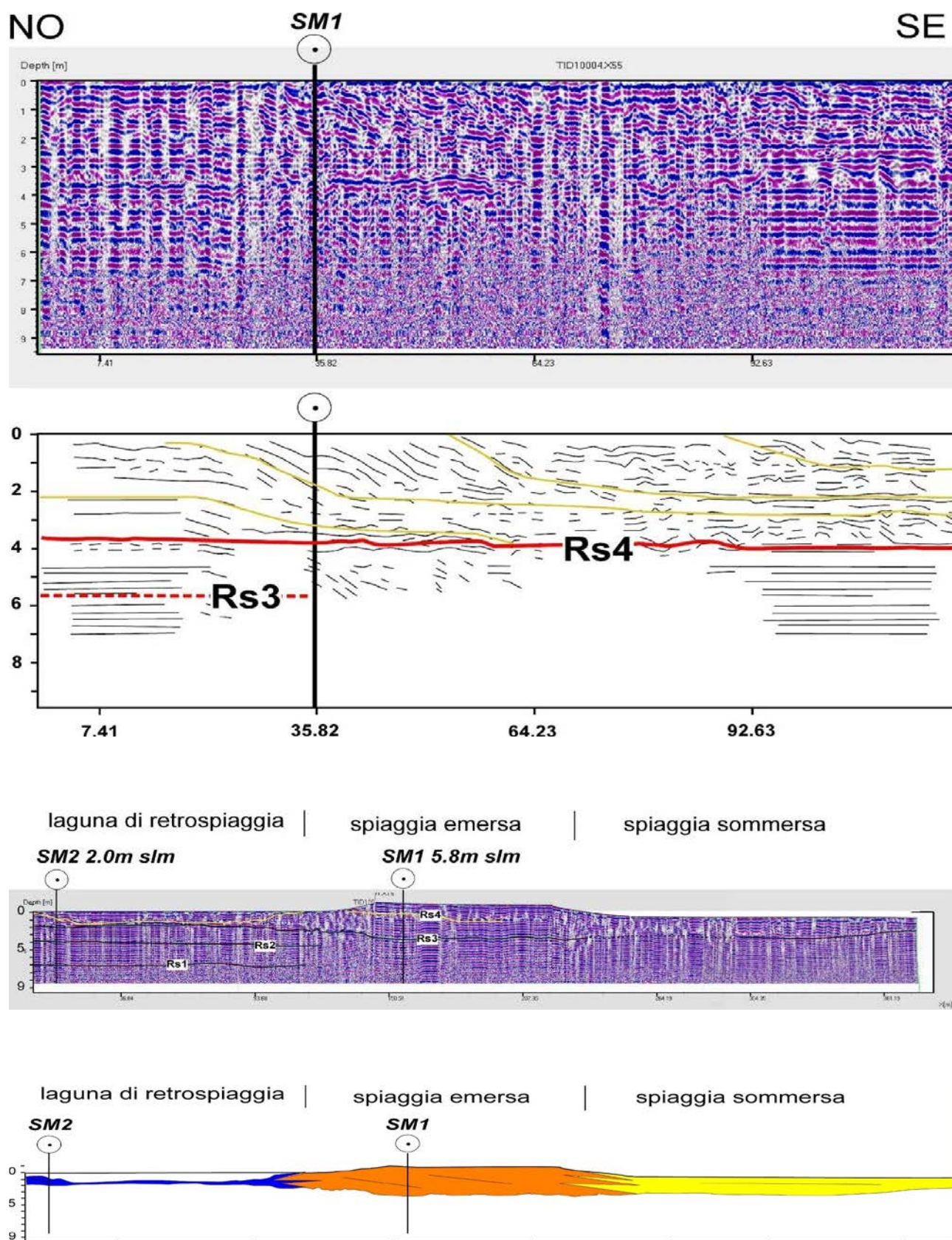


Figura 22. Interpretazione dei dati georadar. Si nota come questi abbiano permesso di ricostruire la geometria della spiaggia fossile

Correlazione stratigrafica dei sondaggi

Lo studio dei cicli Trasgressivi-Regressivi registrati nelle successioni sedimentarie permette di ricostruire le variazioni del livello del mare. A questo fine è necessario ricostruire il Modello deposizionale, ovvero il tipo di sistema di spiaggia e suddividerlo in zone. Inoltre, è necessario stimare la paleo-batimetria delle diverse zone riferendosi agli analoghi sistemi attuali. In particolare, il modello deposizionale della successione dell'area del Parco di Molentargius è un sistema di spiaggia ghiaioso-sabbiosa costituito da 4 zone lateralmente contigue che, da terra verso mare, sono (Figura 23):

A = laguna di retrospiaggia (+1/0 metri sul livello del mare);

B= spiaggia emersa (+3/0 m);

C= spiaggia sommersa (0/-6 m);

D = transizione alla piattaforma (da -6 m)

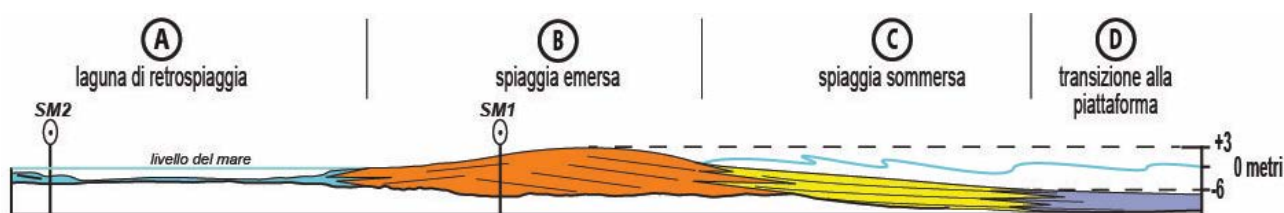


Figura 23. Modello deposizione suddiviso in 4 zone del sistema spiaggia-laguna della successione interglaciale MIS5 (media 122 ka) dell'area del Parco di Molentargius-Saline.

La curva di variazione degli ambienti sedimentari permette di visualizzare le variazioni relative del livello del mare. Ad ogni porzione di successione si attribuisce una zona del modello deposizionale e si riporta in tabella. La tabella presenta le zone disposte da terra verso mare e questo permette di visualizzare graficamente le tendenze ad approfondirsi o ad emergere della successione (i punti in nero si riferiscono a SM1 mentre quelli in arancione a SM2). La superficie di massima ingressione marina (MFS = Maximum Flooding Surface) ovvero la massima posizione verso terra raggiunta dal sistema di spiaggia viene posta in corrispondenza della porzione di successione che corrisponde alla massima profondità. La MFS separa la successione in due semi-cicli, quello Trasgressivo e quello Regressivo così da comporre un ciclo T-R completo. Nella successione studiata nell'area del Parco delle Saline del Molentargius la MFS è posta in corrispondenza dei depositi di transizione alla piattaforma (zona D) con batimetria superiore ai 6 metri sotto il livello del mare. Sono così chiaramente osservabili un semi-ciclo Trasgressivo nella parte bassa ed un semi-ciclo Regressivo nella parte alta della successione. All'interno dei semi-cicli sono state osservate 5 superfici erosive importanti che rappresentano un brusco spostamento verso terra o verso mare della linea di costa. Queste superfici limitano cicli T-R di importanza minore che si inseriscono nel ciclo precedentemente descritto. Attraverso le datazioni dei depositi è possibile individuare quale siano le durate temporali dei cicli T-R e se le cause possano essere connesse all'alternarsi di periodi glaciali ed interglaciali.

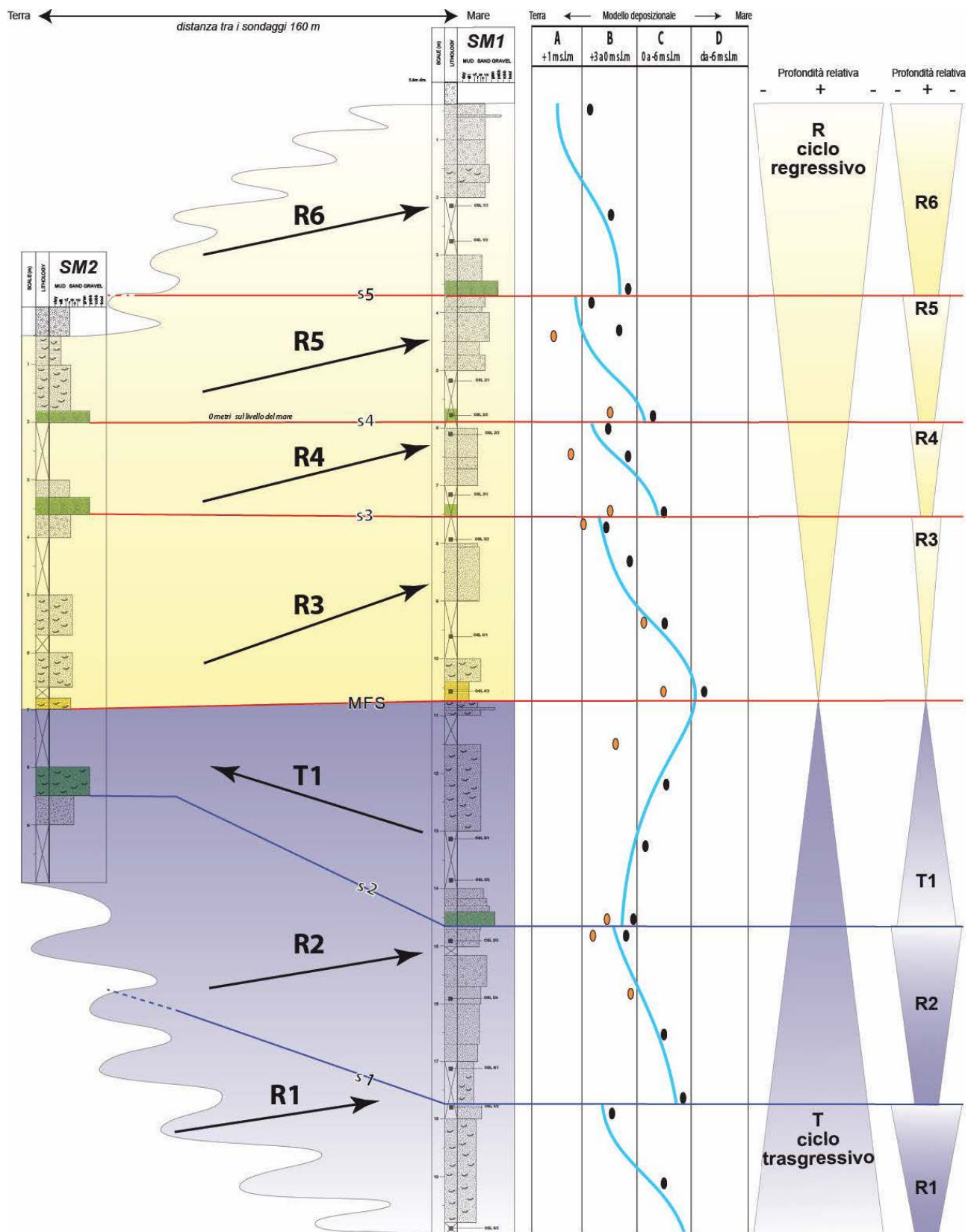


Figura 24. Schema dell'interpretazione stratigrafica dei sondaggi effettuati nell'area di Is Arenas. La curva in blu rappresenta la sintesi dei dati ottenuti dai due pozzi.

Età della successione

Lo studio dei cicli Trasgressivi-Regressivi registrati nelle successioni sedimentarie permette di ricostruire le variazioni del livello del mare. Nella successione studiata nell'area del Parco del Molentargius sono chiaramente osservabili un semi-ciclo Trasgressivo ed un semi-ciclo Regressivo separati dalla superficie di massima ingressione marina (MFS = Maximum Flooding Surface).

Attraverso la datazione dei depositi è possibile individuare l'età della successione studiata ed a quale ciclo glaciale/interglaciale appartenga. Sono stati prelevati quattro campioni (OSL11, OSL12, OSL 13, OSL14) dai depositi al tetto del ciclo T-R affiorante nell'area del Parco del Molentargius e sono stati datati attraverso il metodo della Luminescenza.

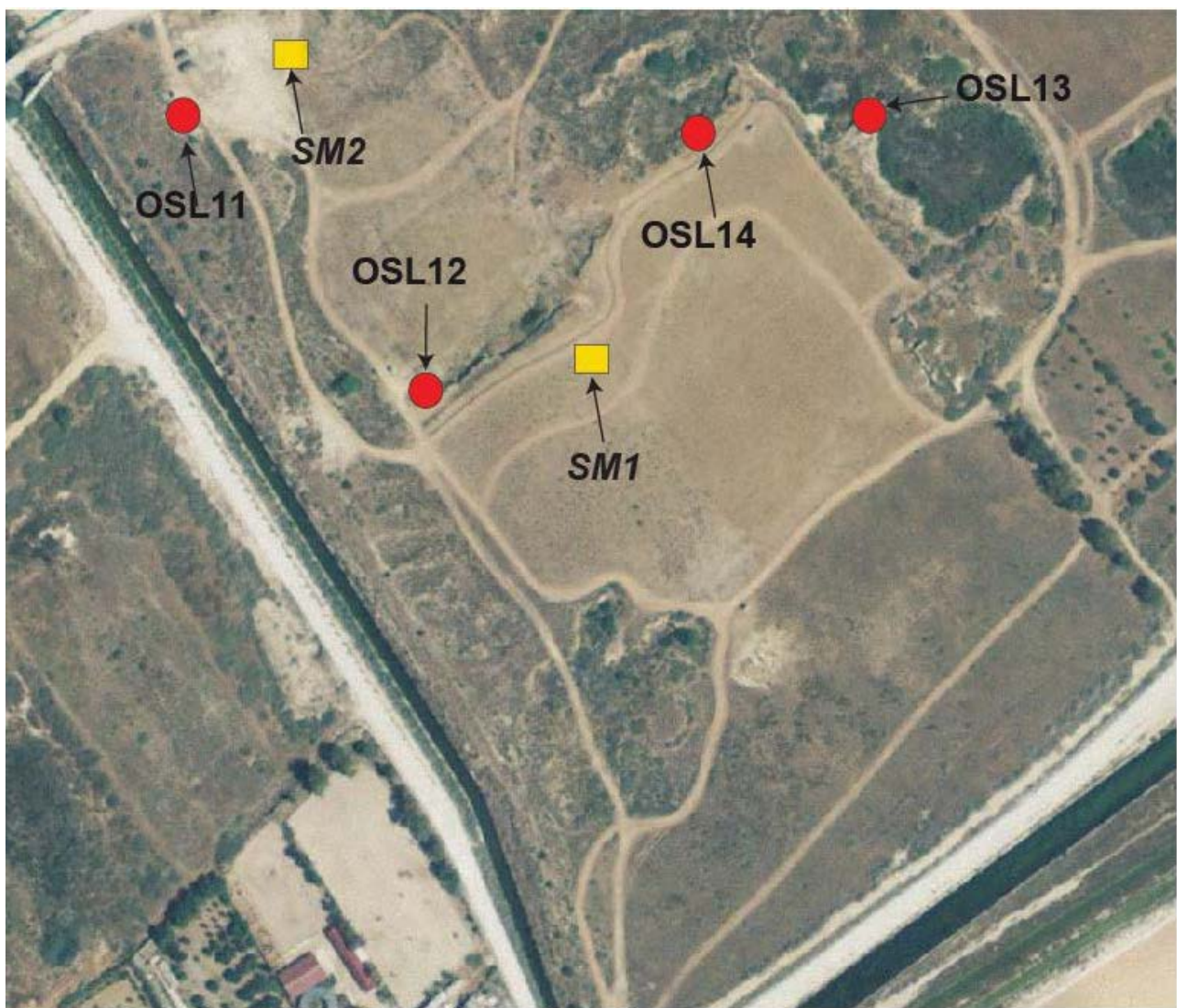


Figura 25. Ubicazione dei campioni raccolti (OSL11, OSL12; OSL13, OSL14) e dei sondaggi (SM1, SM2) effettuati nell'area di Is Arenas.

Le età ottenute hanno dato valore medio di 122.000 anni ed hanno permesso di riferire la successione sedimentaria studiata al ciclo interglaciale “Tirreniano” (MIS5, 130-74 ka).



Figura 26. Ubicazione del campione OSL14 prelevato nei depositi di spiaggia sommersa

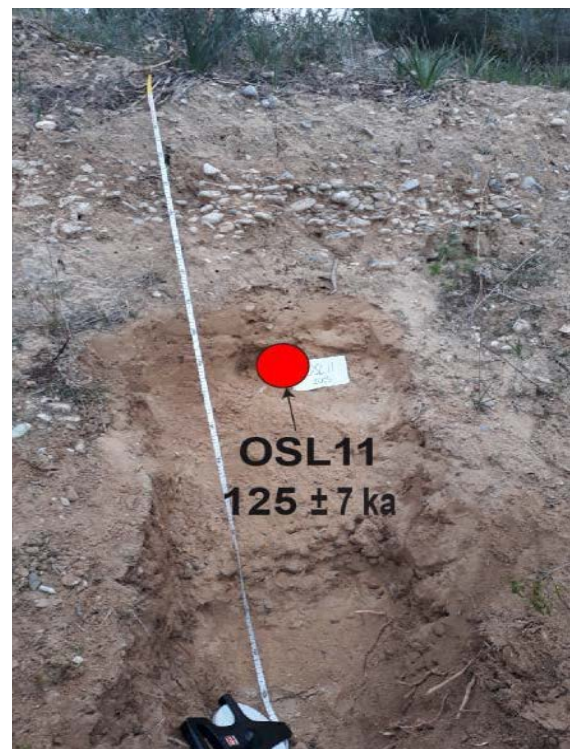
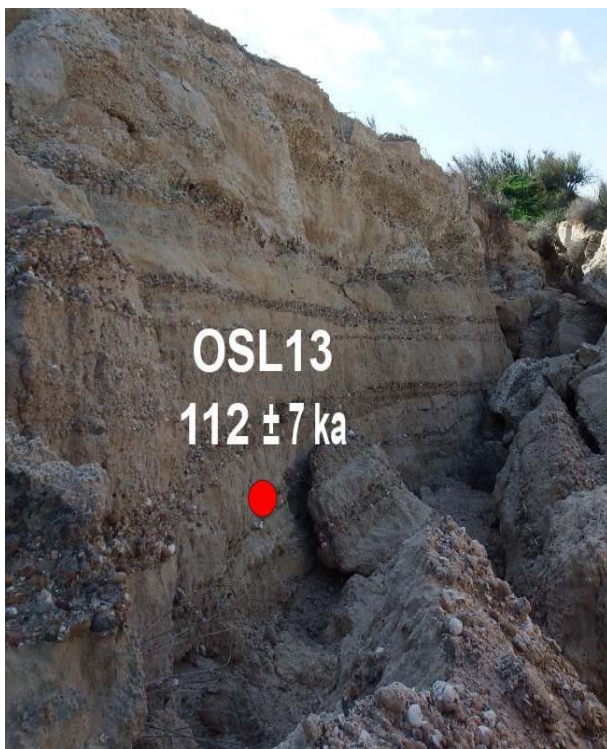


Figura 27. Ubicazione dei campioni OSL13 prelevato nei depositi di spiaggia sommersa e OSL 11 di spiaggia emersa.



Figura 28. Ubicazione del campioni OSL12 prelevato nei depositi di spiaggia emersa

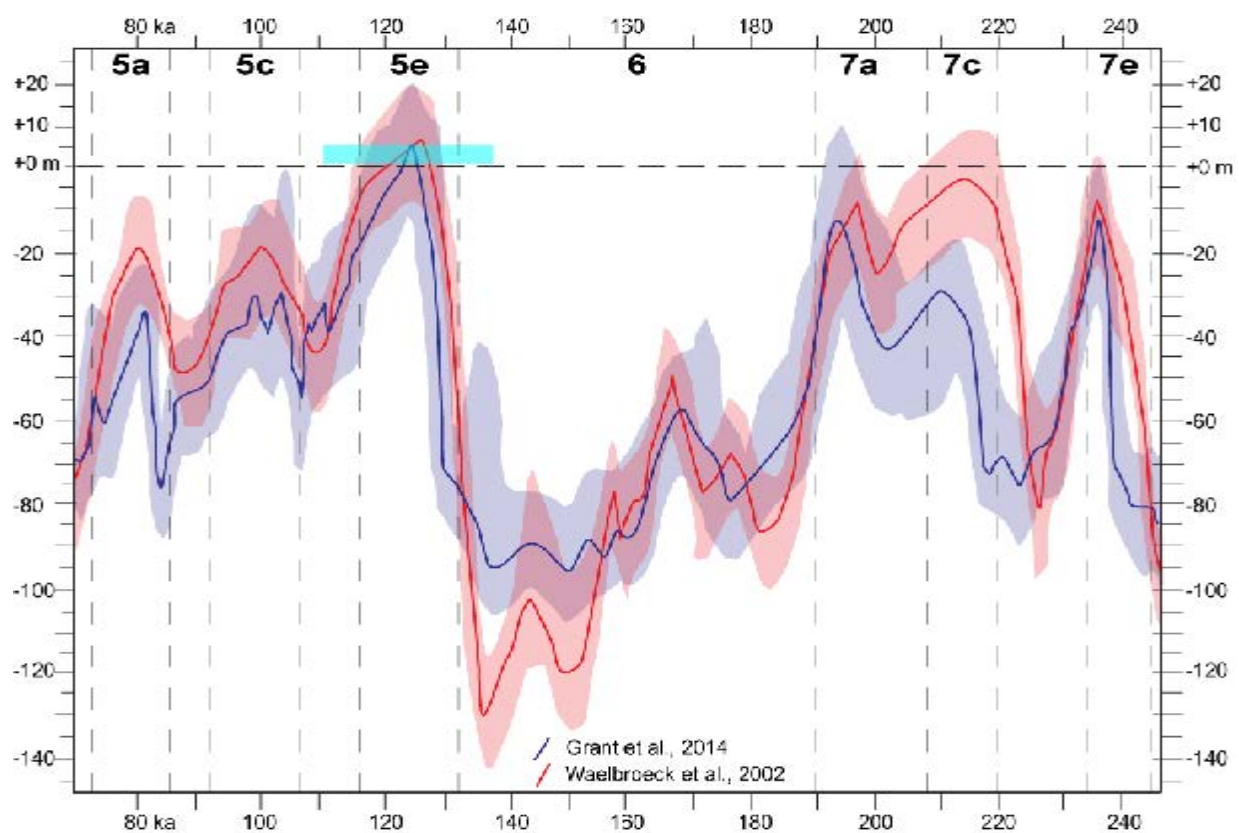


Figura 29. Curva relativa del livello del mare dei due precedenti cicli interglaciali (MIS5 e MIS7). La quota massima del sistema spiaggia-laguna della successione Tirreniana dell'area del Molentargius è di circa 5 metri sopra il livello del mare attuale

Curva relativa del livello del mare dei due precedenti cicli interglaciali (MIS5 e MIS7). La quota massima del sistema spiaggia-laguna dell'area del Molentargius è di circa 5 metri sopra il livello del mare attuale



Figura 30. Figura 8. Cicli glaciali/interglaciali degli ultimi 300.000 anni

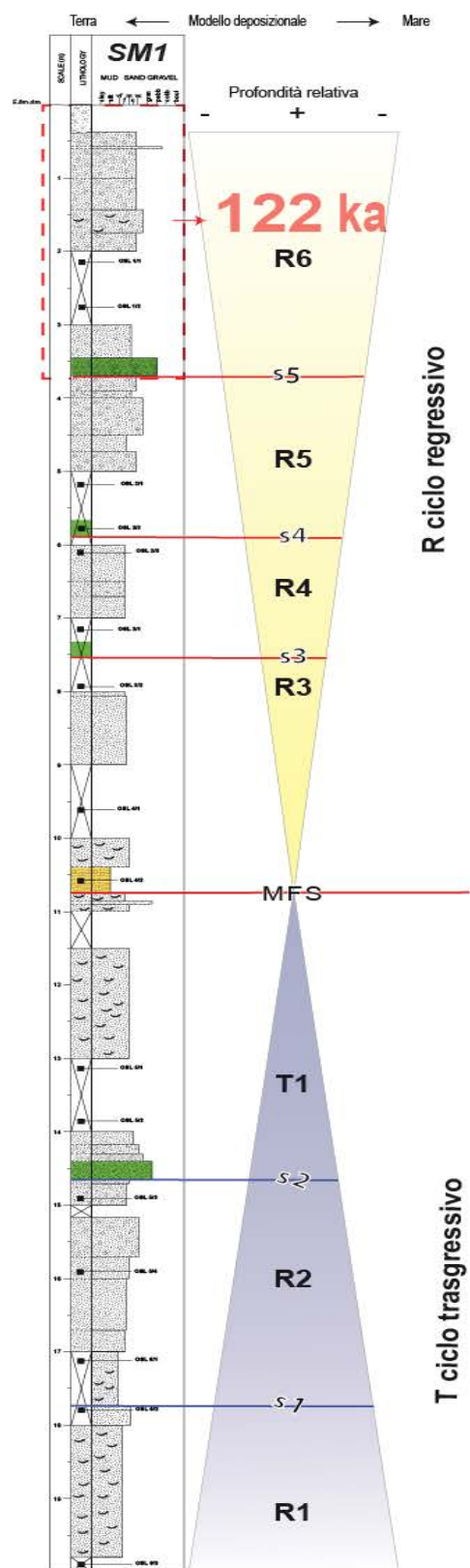


Figura 31. Figura 6. Schema stratigrafico del sondaggio SM1 con riportati i due principali cicli Trasgressivo-Regressivo (T-R) ed i minori (R1-R6-T1); legati a variazioni eustatiche ad altissima frequenza

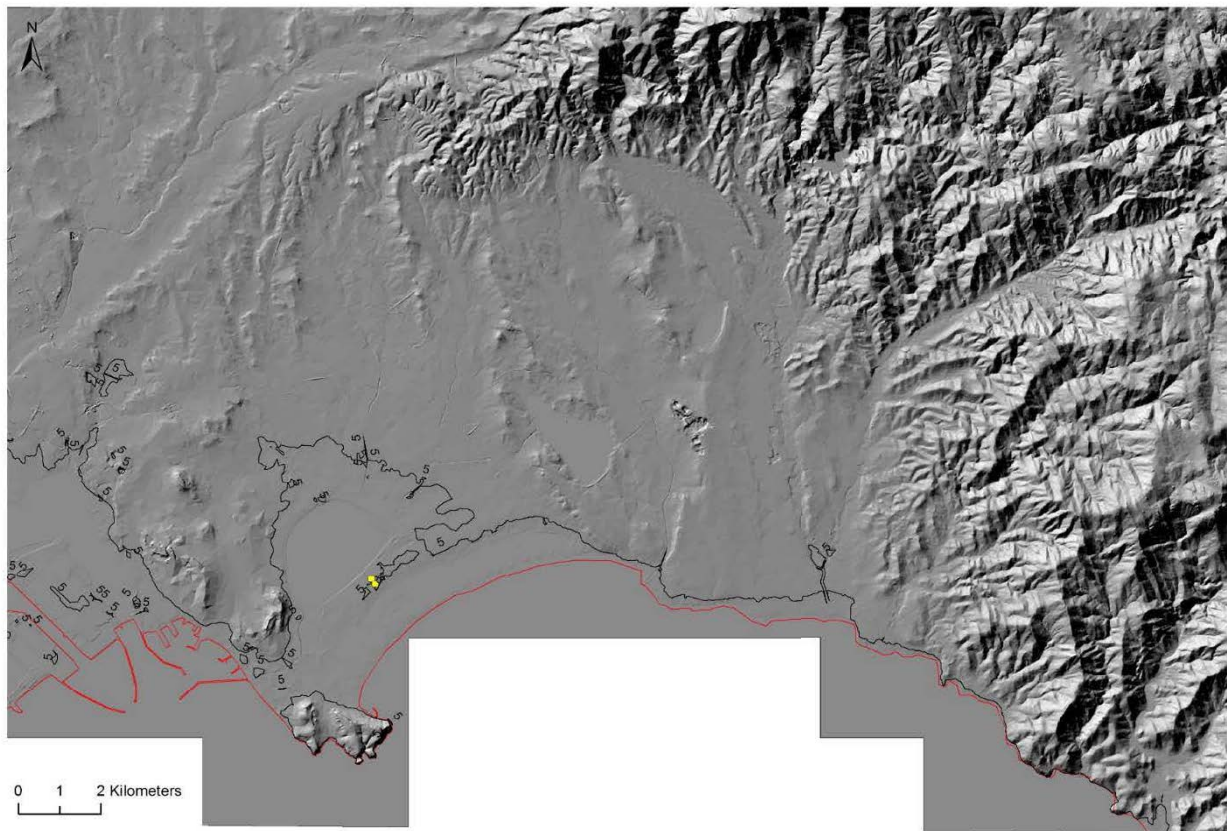


Figura 32 La spiaggia del Parco del Molentargius- Saline si forma durante l'ultimo interglaciale (MIS5) tra i 130 e 112 ± 7 ka, quando il livello del mare era 4-5m più alto dell'attuale. La linea rossa indica la costa attuale; quella nera la costa durante l'ultimo interglaciale (Tirreniano)

CONCLUSIONI

- La spiaggia fossile di Is Arenas nel Parco del Molentargius-Saline si sviluppa tra i 130 ± 6 e i 112 ± 8 ka;
- Si sviluppa durante l'ultimo interglaciale quando il livello del mare era più alto dell'attuale di 4-5 metri;
- Il clima doveva essere necessariamente più caldo con temperature medie più elevate di 3-4 °C;
- La morfologia del Golfo di Cagliari era profondamente diversa da quella di oggi: la linea di costa era molto più articolata, la spiaggia meno sviluppata e del tipo ghiaioso-sabbioso;
- Lo stagno del Molentargius si è formato come una laguna di retrospiaggia durante l'ultimo interglaciale.