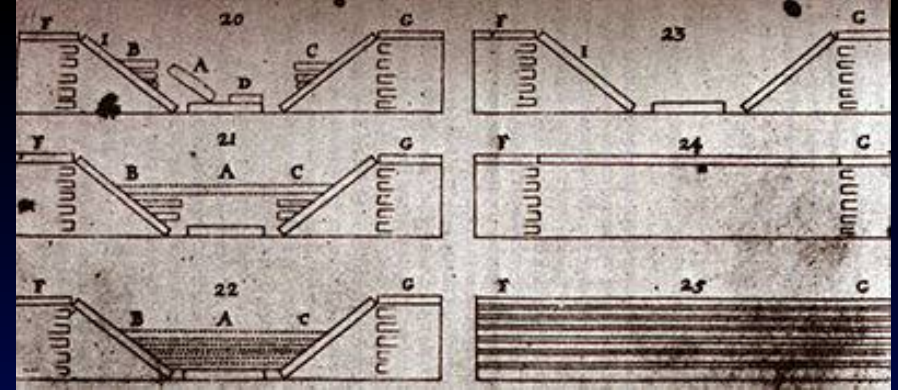


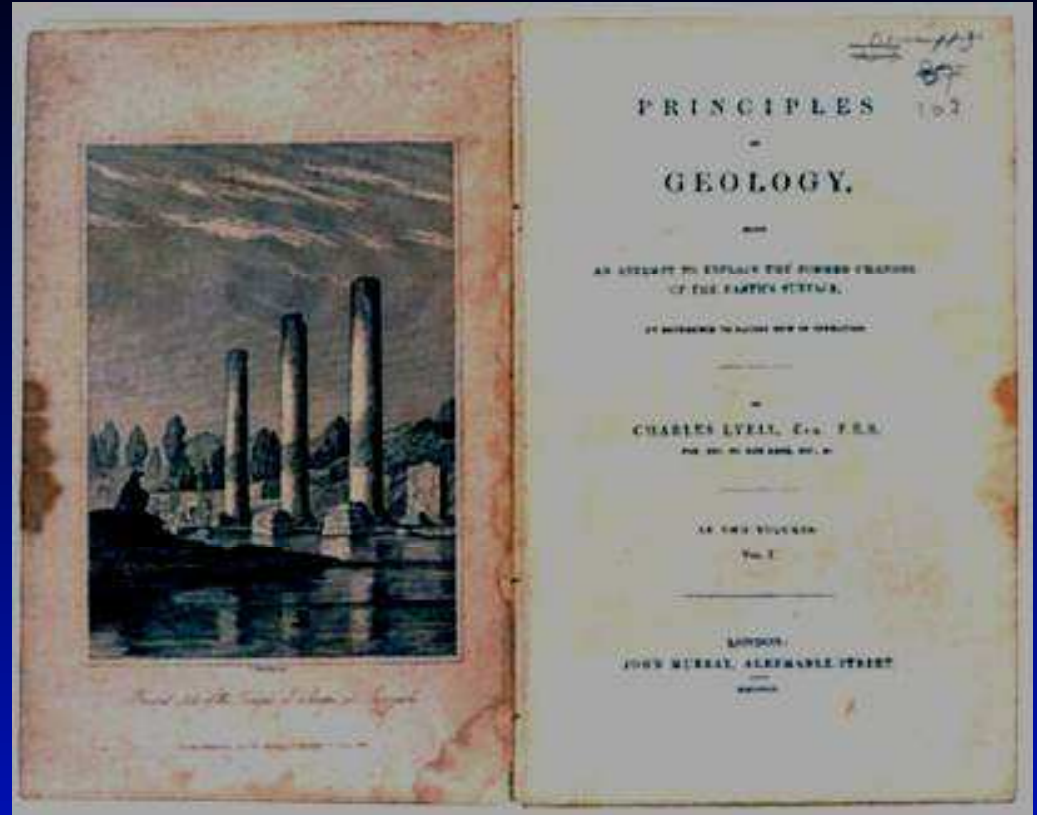
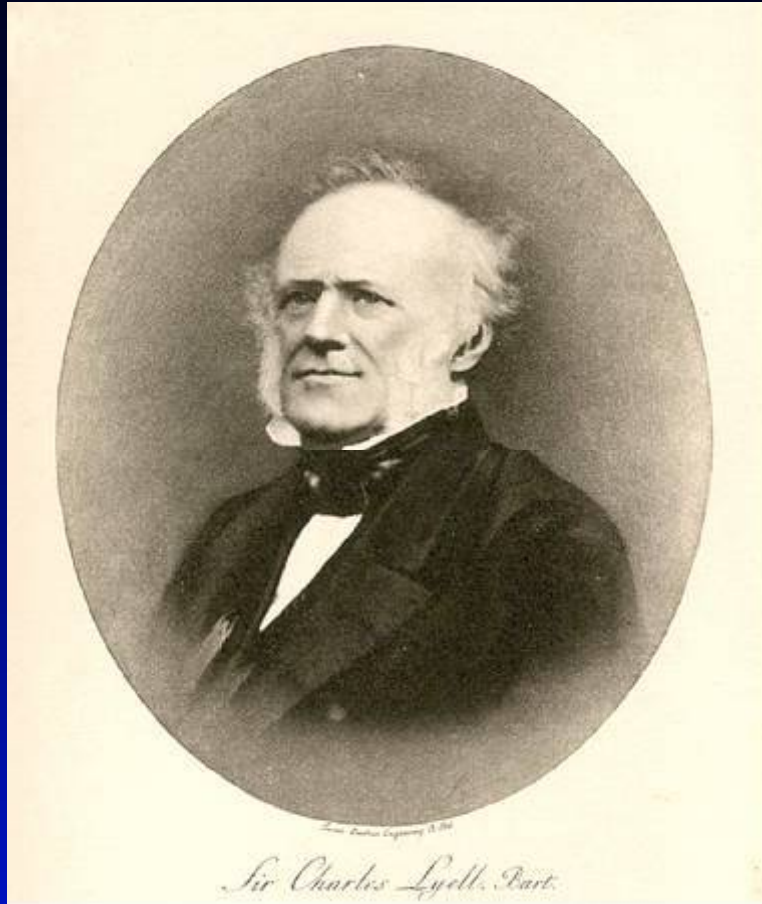
Le tre leggi di Stenone (1600)



- Principio di sovrapposizione: gli strati più antichi si trovano sotto i più recenti
- Principio di orizzontalità originale: gli strati si sono formati piatti e orizzontali
- Principio di continuità laterale: le caratteristiche di uno strato sono le stesse in tutte le direzioni



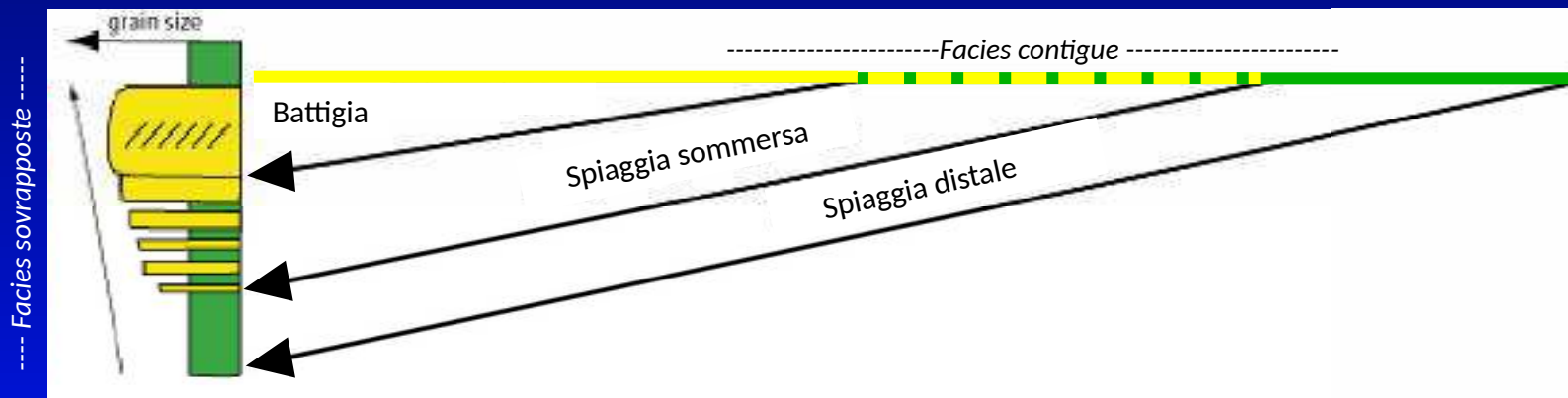
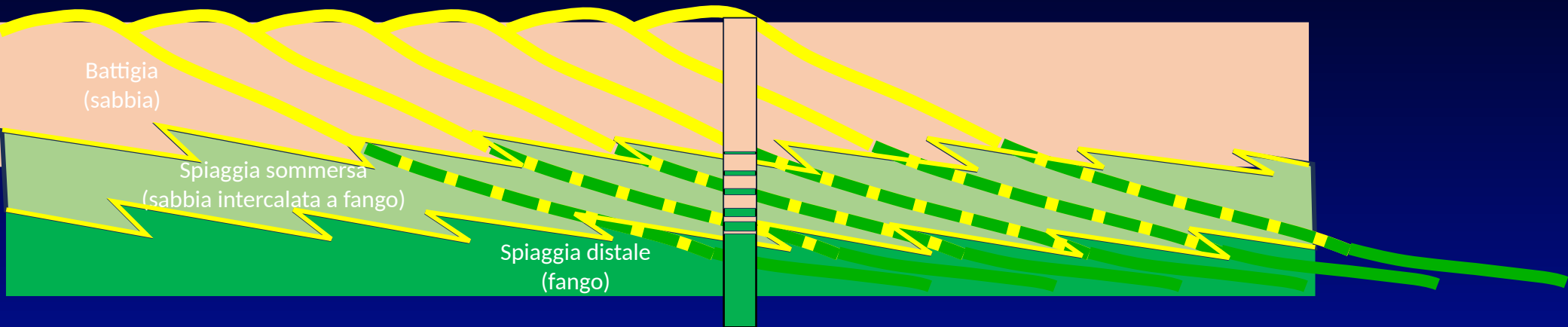
Principio dell'attualismo (o uniformitarismo)



Principles of Geology (1833)

Legge di Walter (1892)

- Principio di successione delle facies: la successione verticale delle facies rispecchia la loro distribuzione orizzontale: solo facies limitrofe possono trovarsi sovrapposte verticalmente



Il mancato rispetto della legge di Walter implica erosione/non deposizione = unconformity

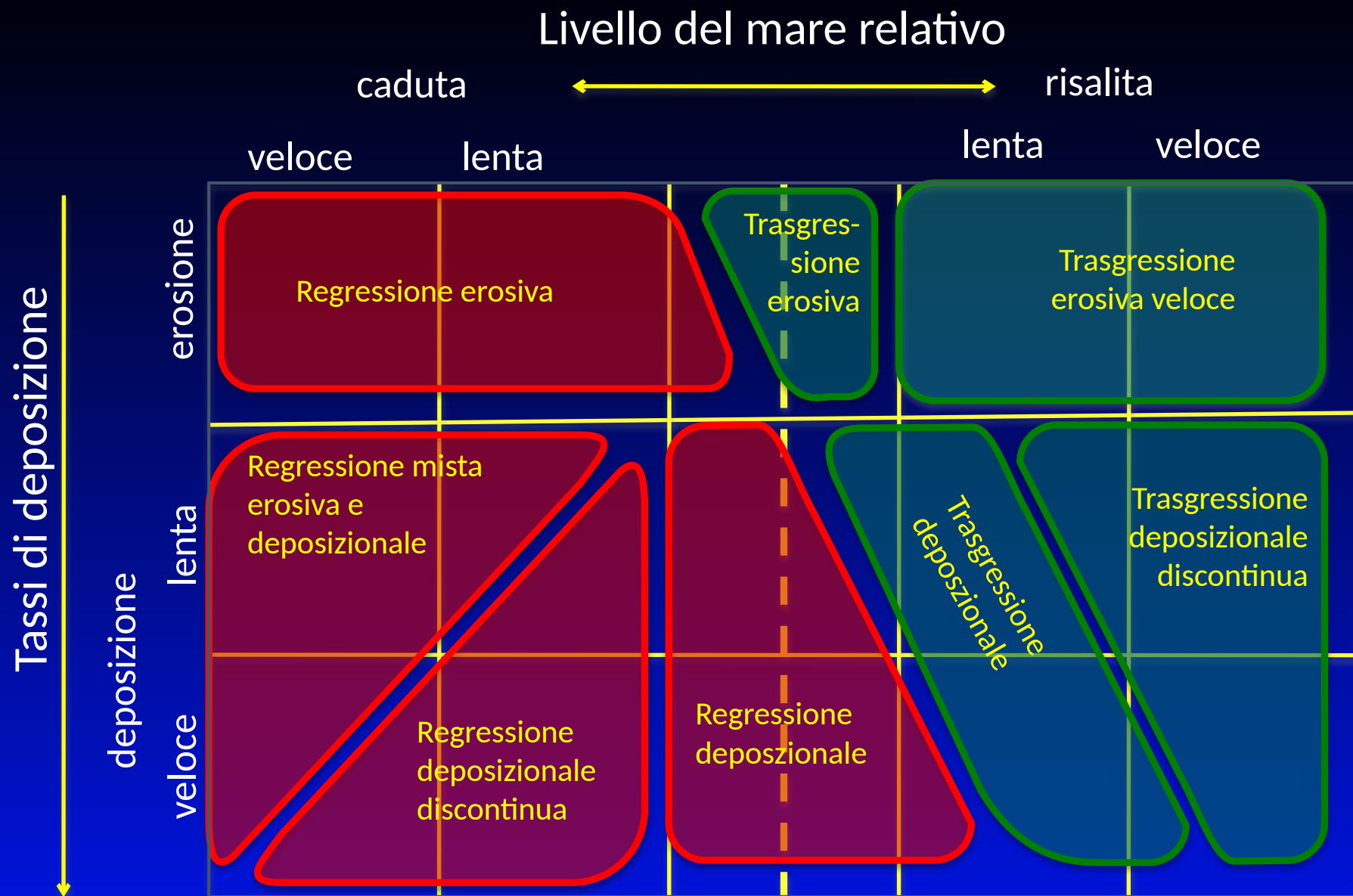
Alcuni concetti di base:

Livello del mare assoluto o eustatico: livello rispetto al centro della terra (volume d'acqua)

Livello del mare relativo: dipende da livello assoluto + movimenti del suolo (↓ ↑)

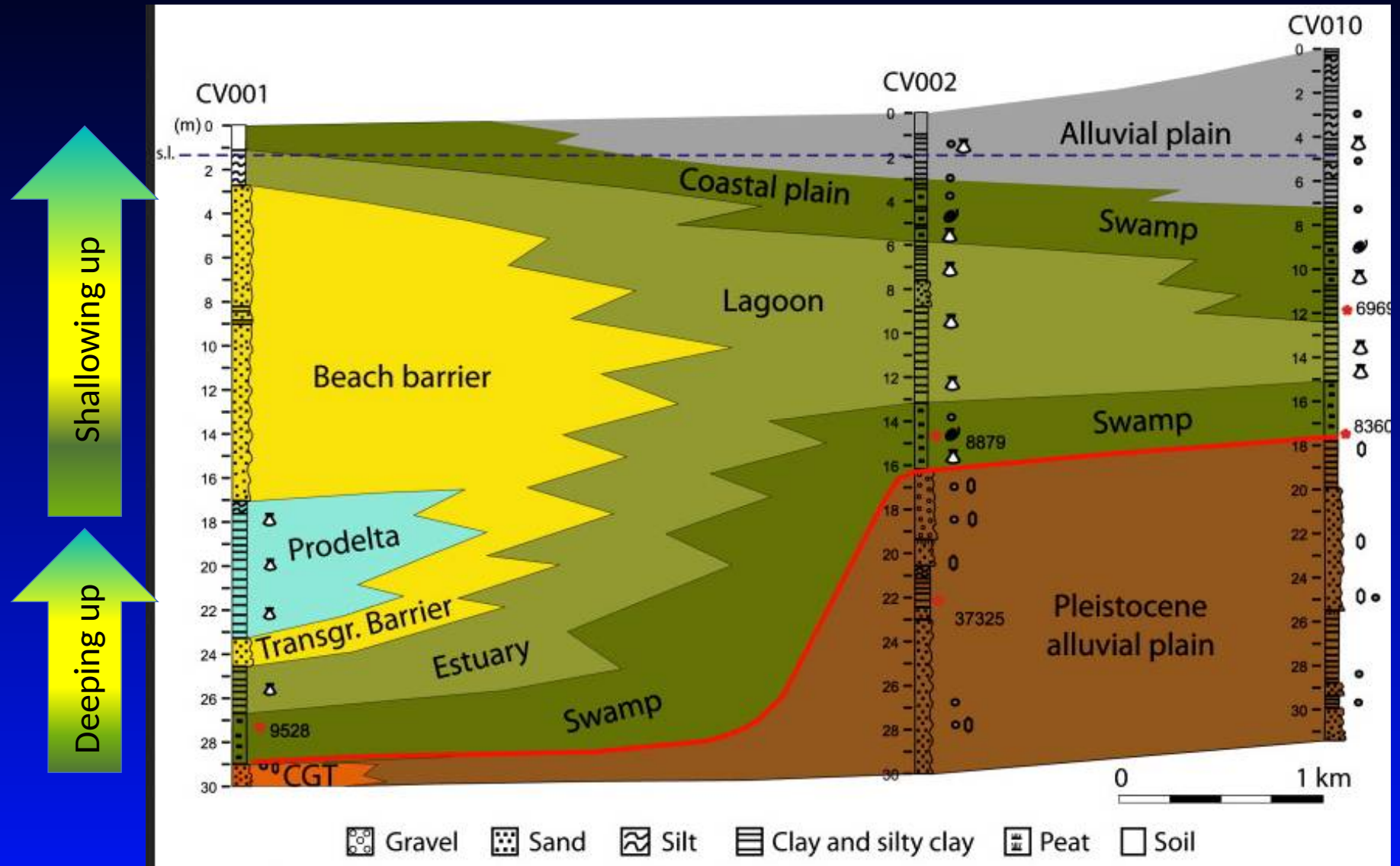
- **Trasgressione** – la costa si sposta verso terra
 - Risalita eustatica
 - Subsidenza tettonica
 - Erosione della costa

- **Regressione** – la costa si sposta verso mare
 - Caduta eustatica
 - Sollevamento tettonico
 - Progradazione della costa



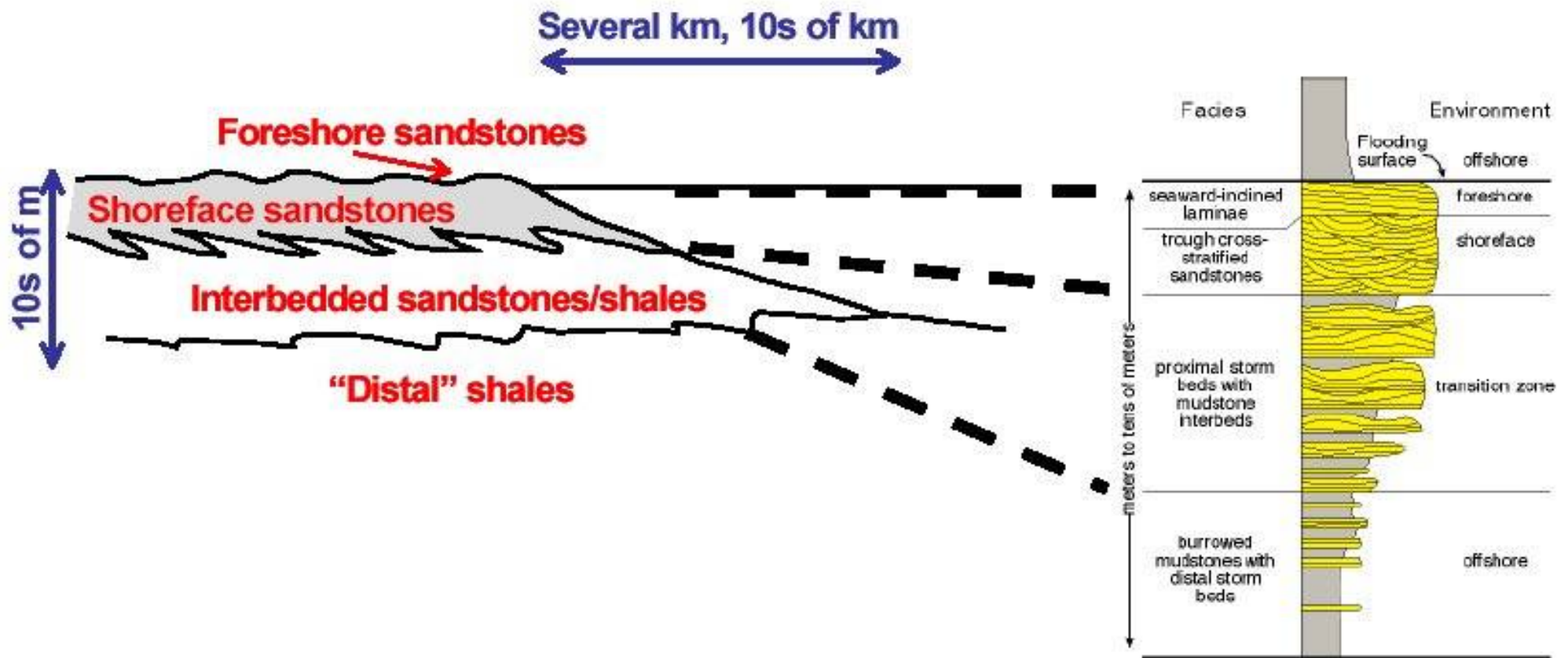
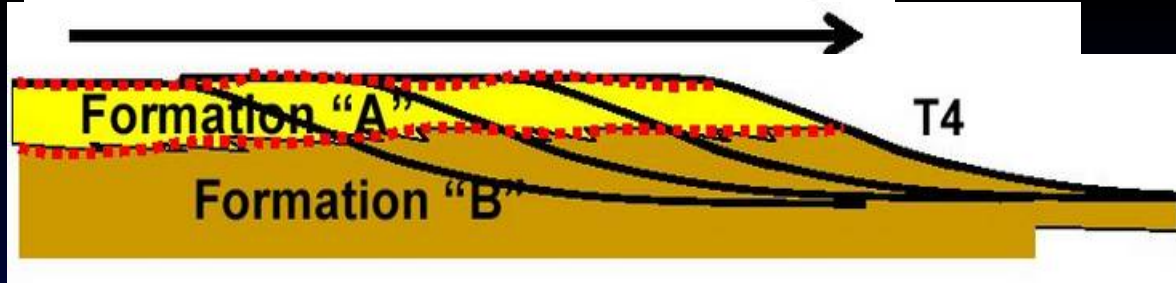
Curry 1964

le facies possono essere shallowing-up (l'ambiente deposizionale è di profondità sempre minore) o deepening up (il contrario) a seconda dell'evoluzione trasgressiva o regressiva dell'ambiente nel tempo





- Principio di sovrapposizione
- Principio di orizzontalità originale
- Principio di continuità laterale
- Principio di successione delle facies



Classiche

- Litostratigrafia
- Cronostratigrafia
- Biostratigrafia

Nuove

- Sismostratigrafia
- Ciclostratigrafia
- Magnetostratigrafia
- Chemistratigrafia

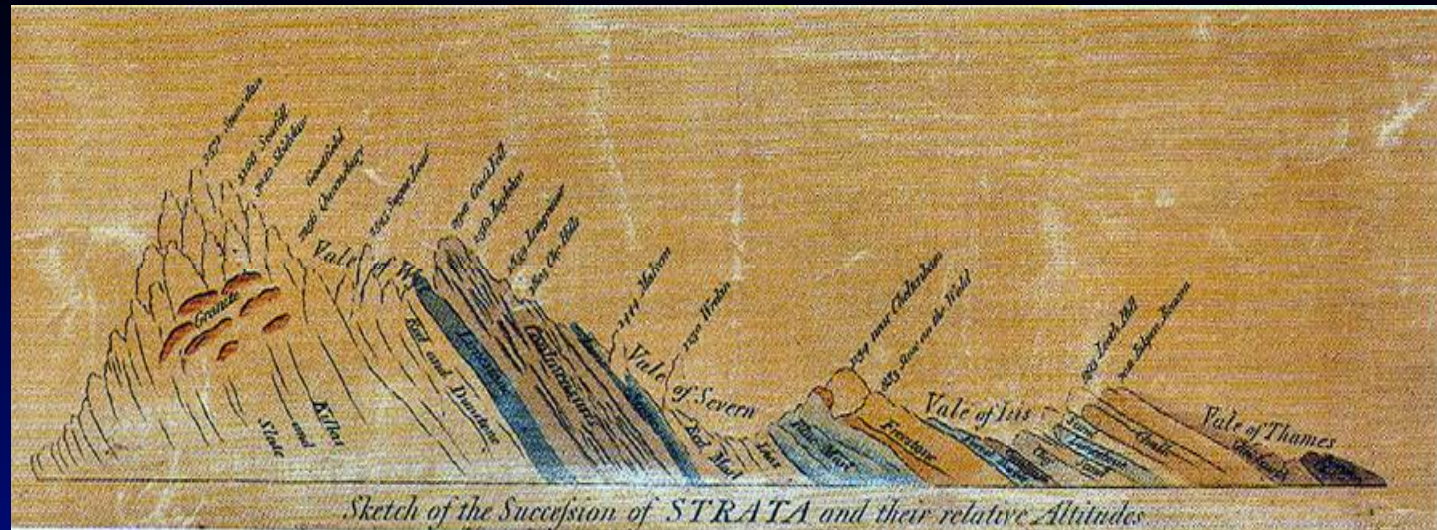
Tipi di stratigrafia

Litostratigrafia

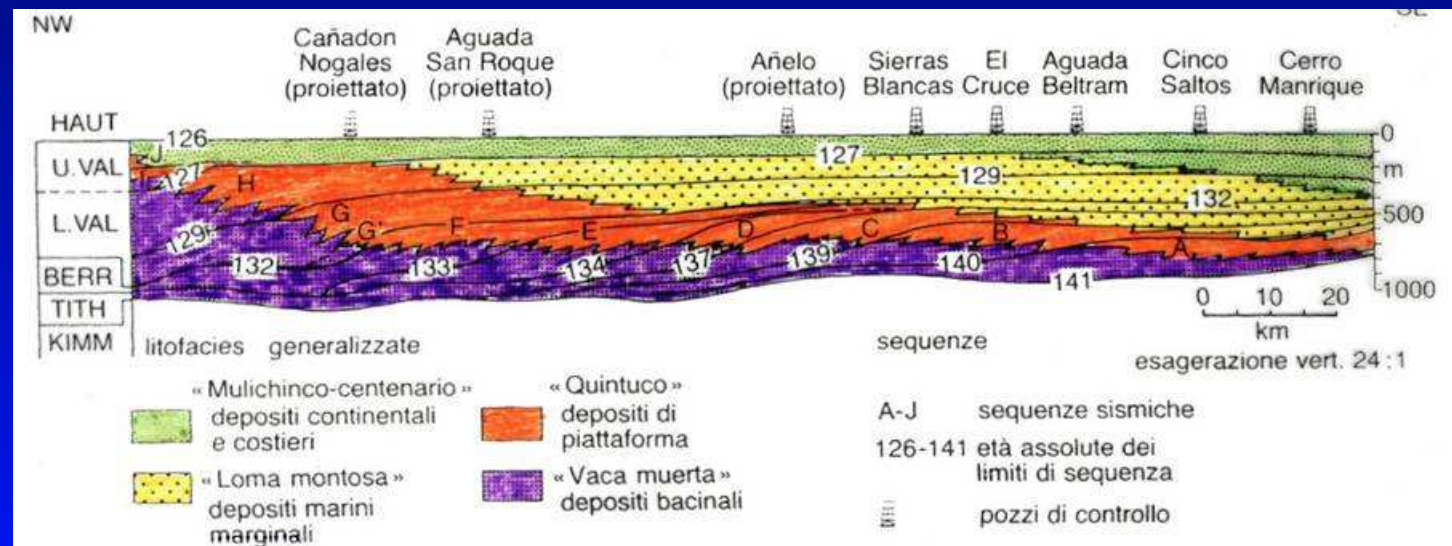
- Gruppo, FORMAZIONE, membro, letto (gerarchia di unità). Basate su descrizione di terreno; contenuto fossili ed età descritti ma NON discriminanti.
- La genesi NON è criterio discriminante: richiede interpretazione e può cambiare nel tempo
- Le unità litostratigrafiche devono avere un certo grado di omogeneità litologica

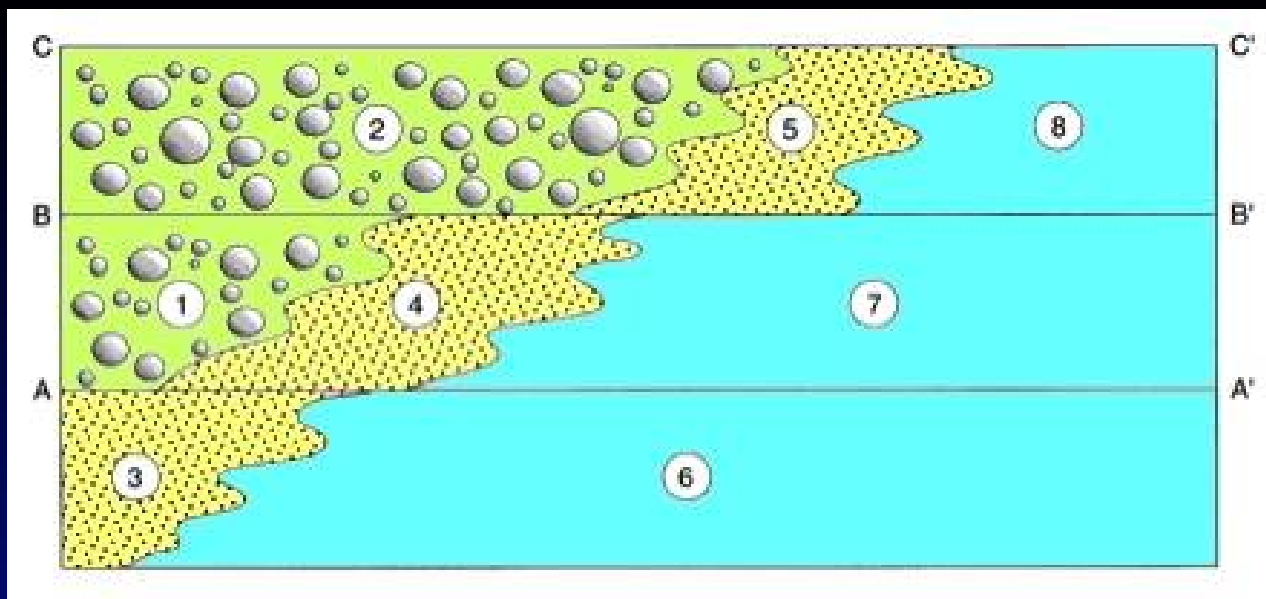


Litostratigrafia

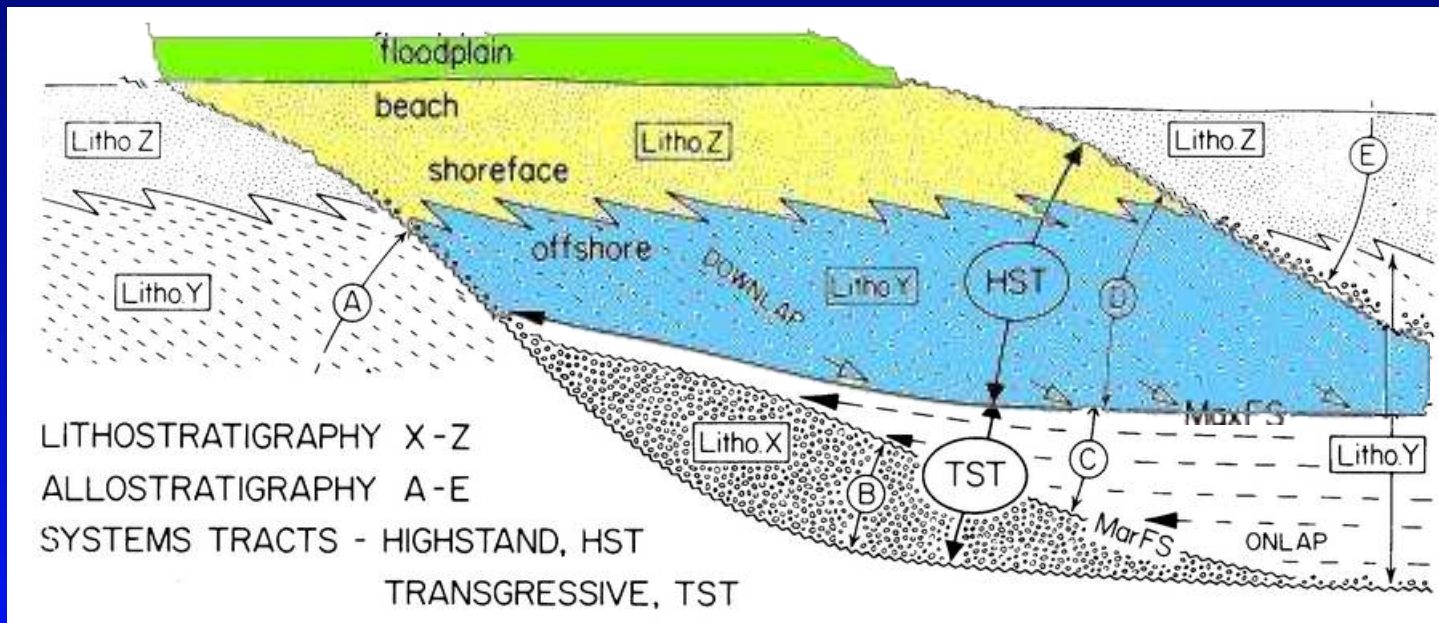


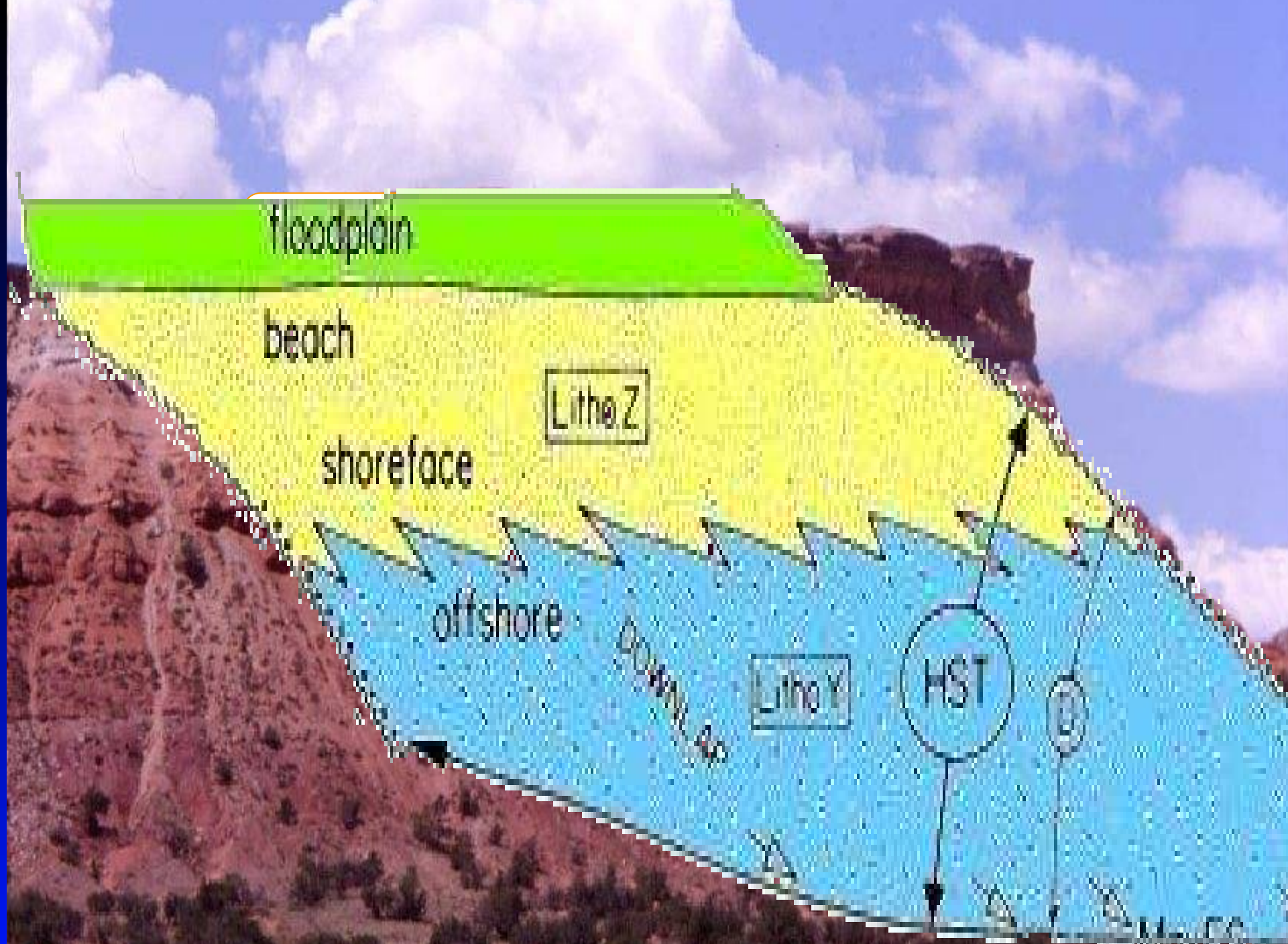
Stratigrafia Sequenziale



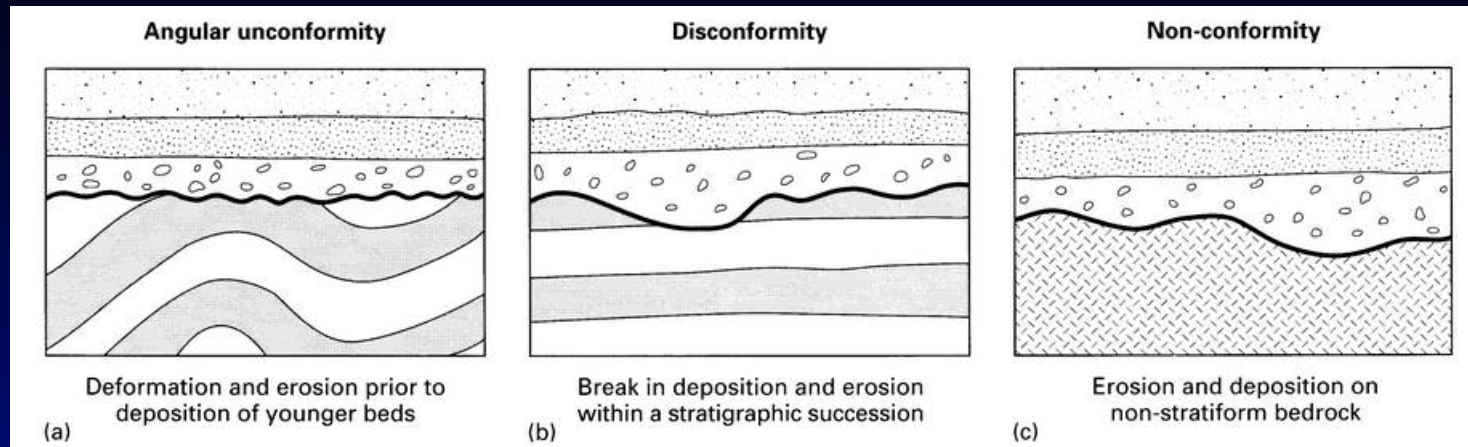


La stratigrafia
sequenziale
prende in
considerazione le
variazioni di
facies all'interno
del bacino per
cui unità coeve
possono
presentare
facies
diverse
(in accordo
con la legge
di Walter)

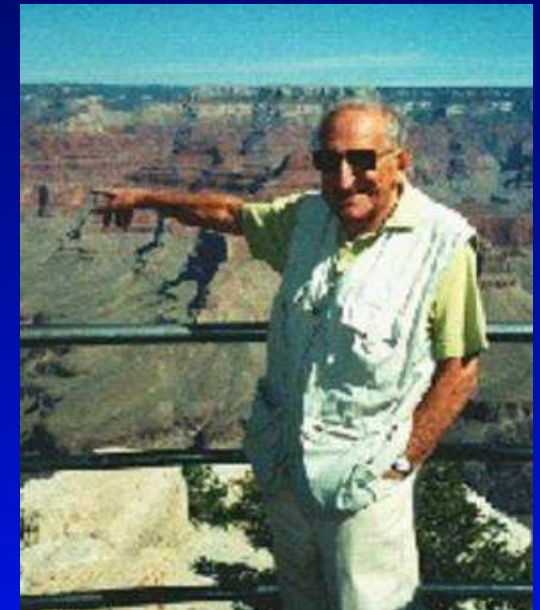
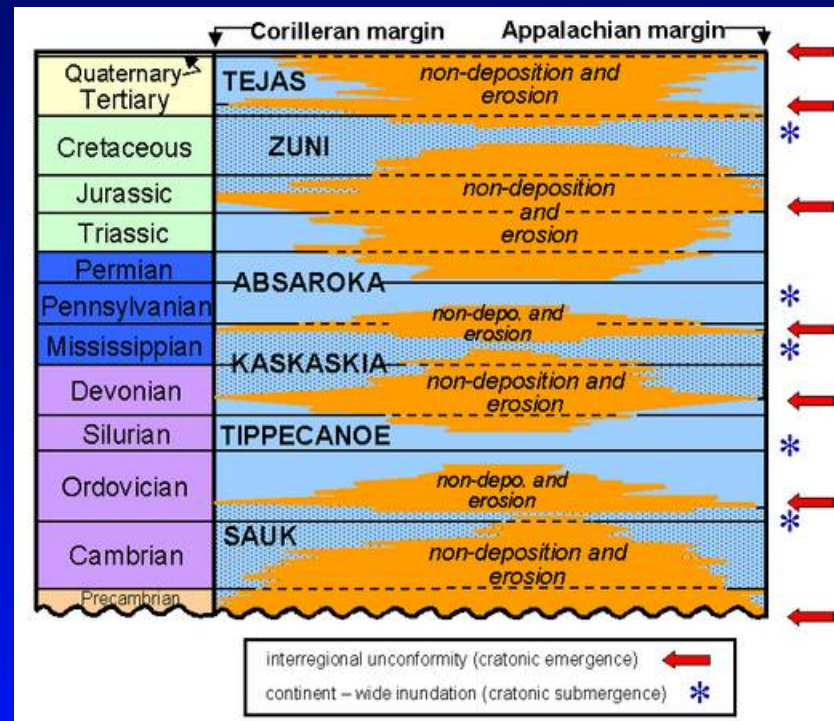


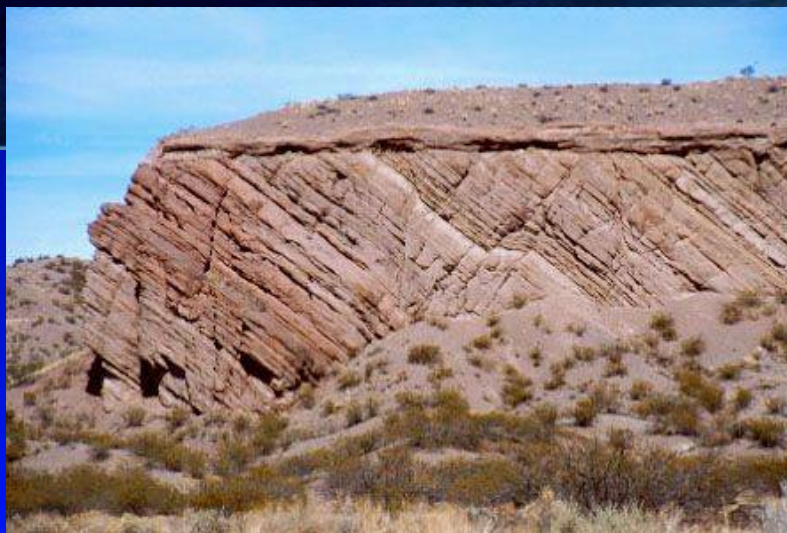
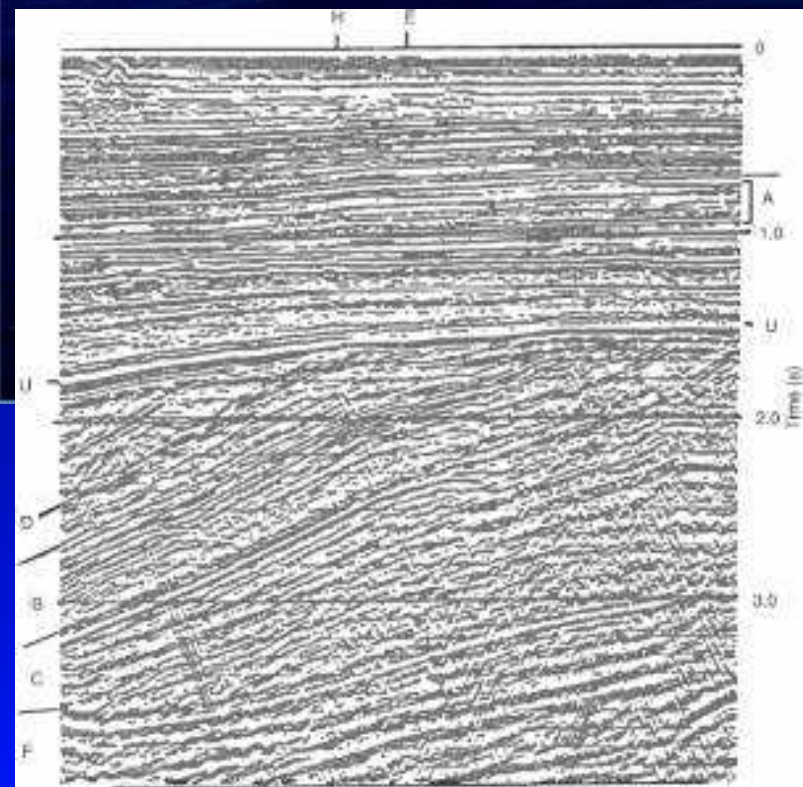
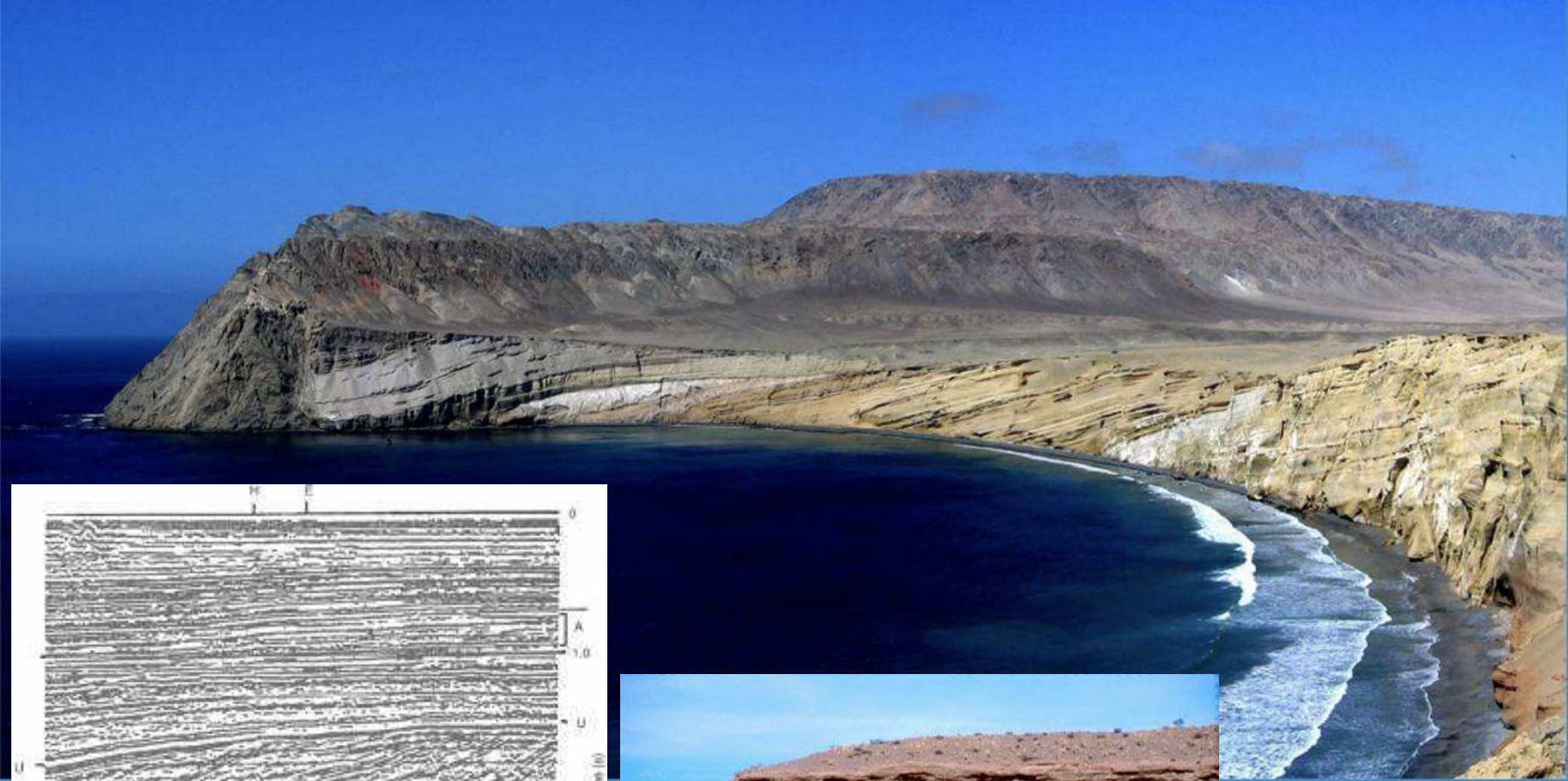


Le **unconformity** sono superfici di erosione o non deposizione che interrompono la continuità della sedimentazione e separano cicli sedimentari.



1963 Lawrence Sloss
riconosce 6 sequenze
principali in Nord
America, controllate da
variazioni del livello del
mare





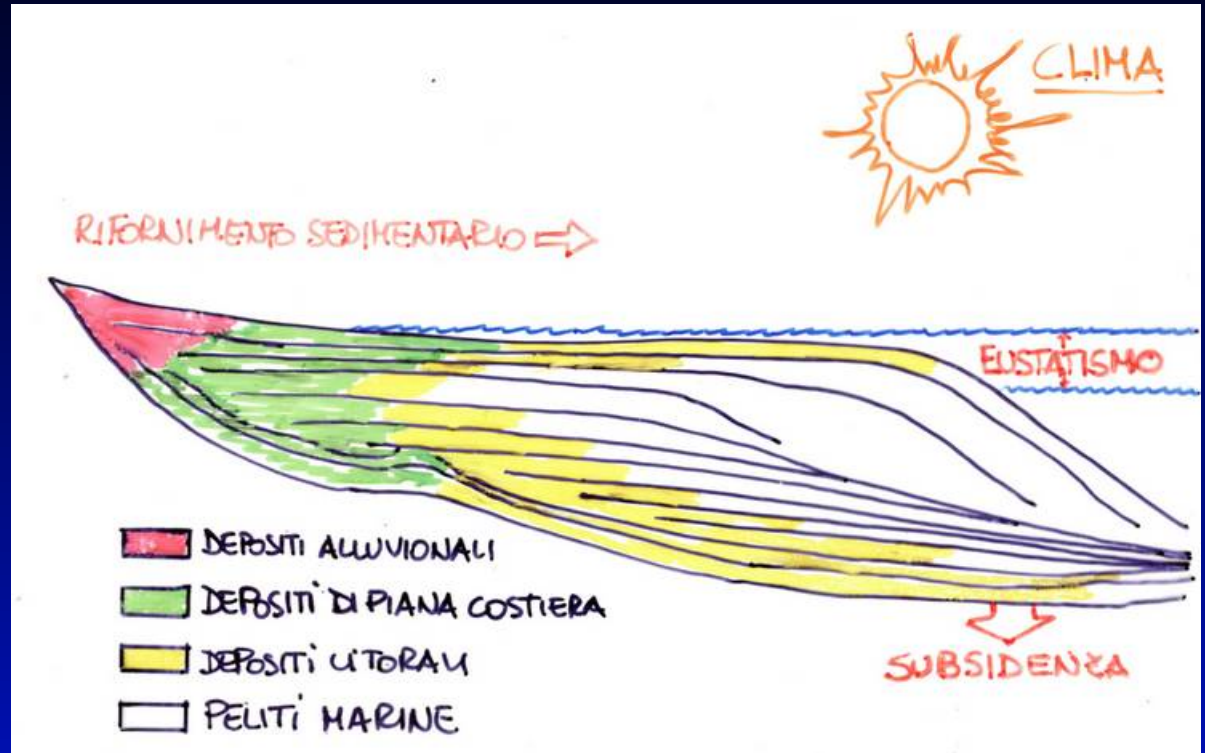
PRINCIPALI FATTORI DI CONTROLLO DELL'ARCHITETTURA STRATIGRAFICA DI UN MARGINE

- Variazioni eustatiche
- Subsidenza/sollevamento
- Apporti sedimentari
- Clima

ALTRI FATTORI

Fisiografia

Fattori oceanografici



Le variazioni eustatiche e la subsidenza/sollevamento determinano lo spazio disponibile per la sedimentazione >>> Accomodation

La sedimentologia registra le variazioni del livello del mare relativo, non assoluto perché non importa se è il mare che sale o la terra che scende (subsidenza)

PER CONVENZIONE SI SONO STABILITI
DIVERSI “ORDINI” DI VARIAZIONE
DEL LIVELLO DEL MARE RELATIVO

1° ORDINE $\Rightarrow$ centinaia di milioni di anni

II° ORDINE $\Rightarrow$ decine milioni di anni

III° ORDINE $\Rightarrow$ milioni di anni

IV° ORDINE $\Rightarrow$ centinaia di migliaia di anni

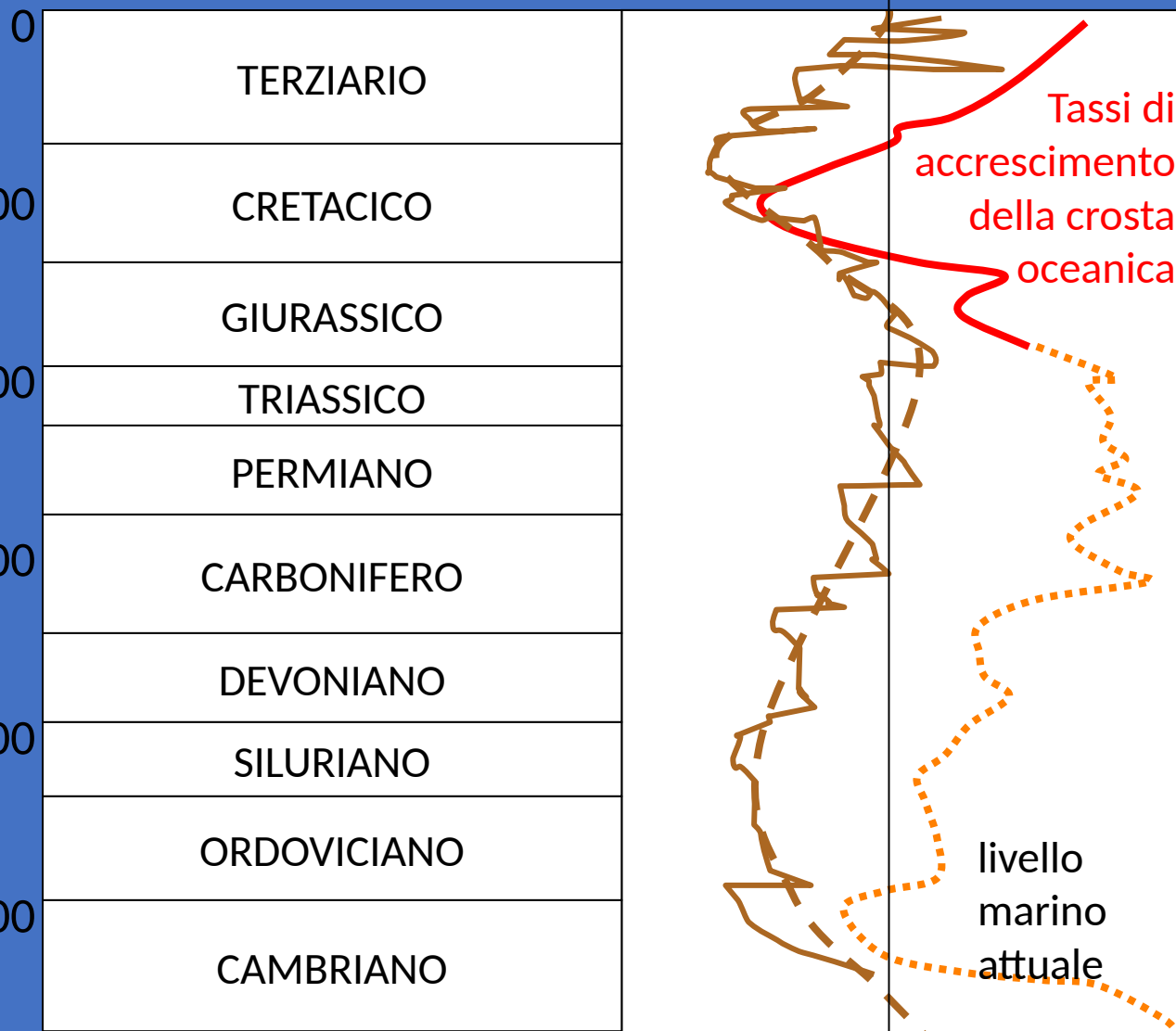
V° ORDINE $\Rightarrow$ decine di migliaia di anni

CICLI DI 1° ORDINE

periodi
ed età
(milioni di anni)

variazioni del
livello marino

innalzamento abbassamento
← +400 +200 0 -200 -400 →



← Orogenesi Alpina

← Max dispersione
continenti

← Break-up

← Chiusura Pangea

← Max dispersione
continenti

Break-up
supercontinente
← proterozoico

Tassi di
accrescimento
della crosta
oceanica

livello
marino
attuale

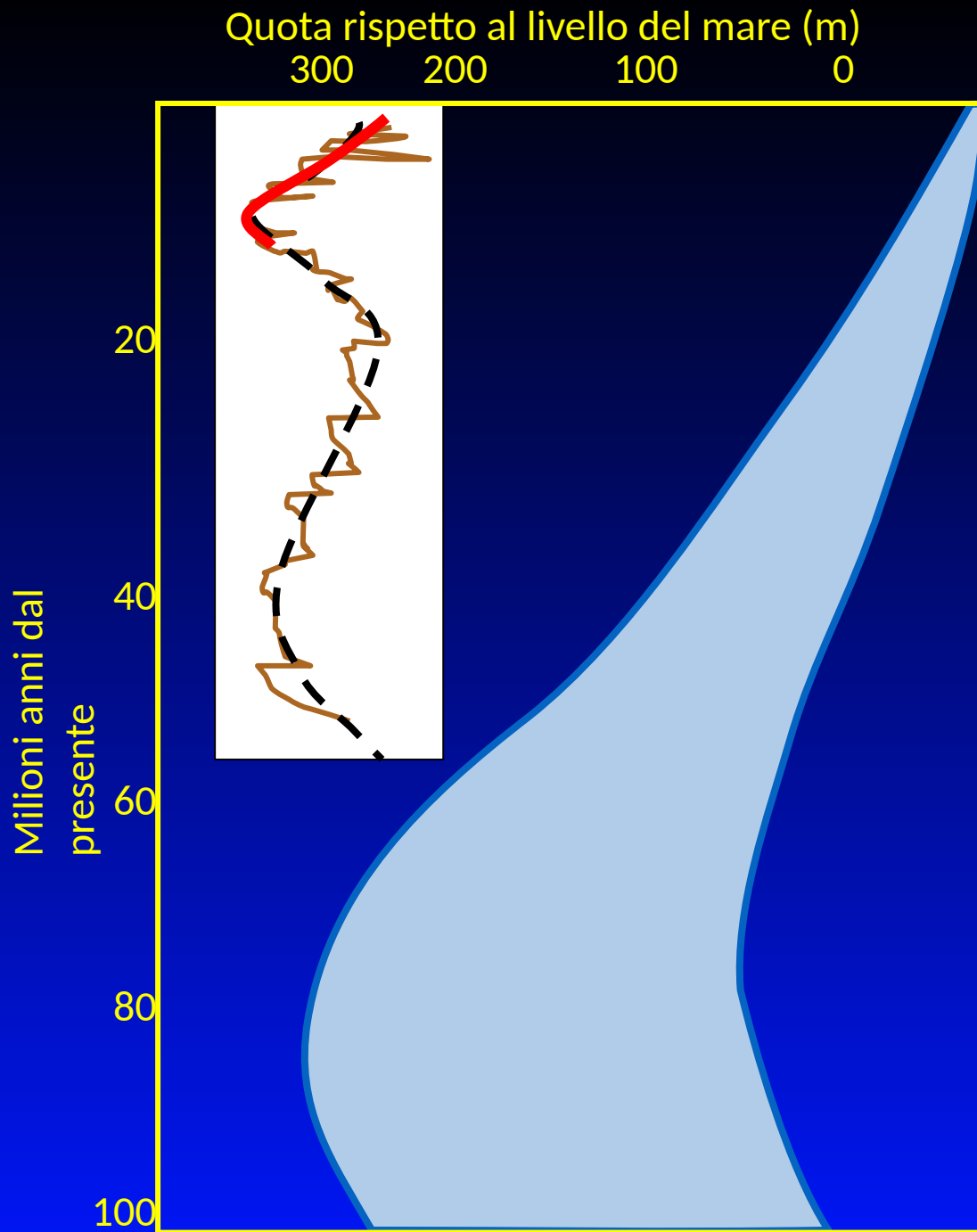
Apertura oceani



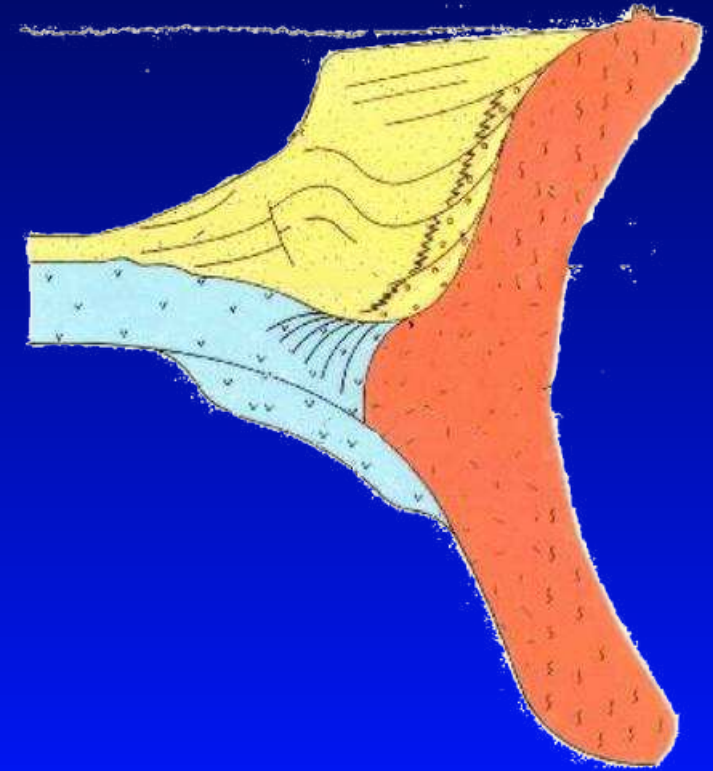
**Aumento
livello del mare**



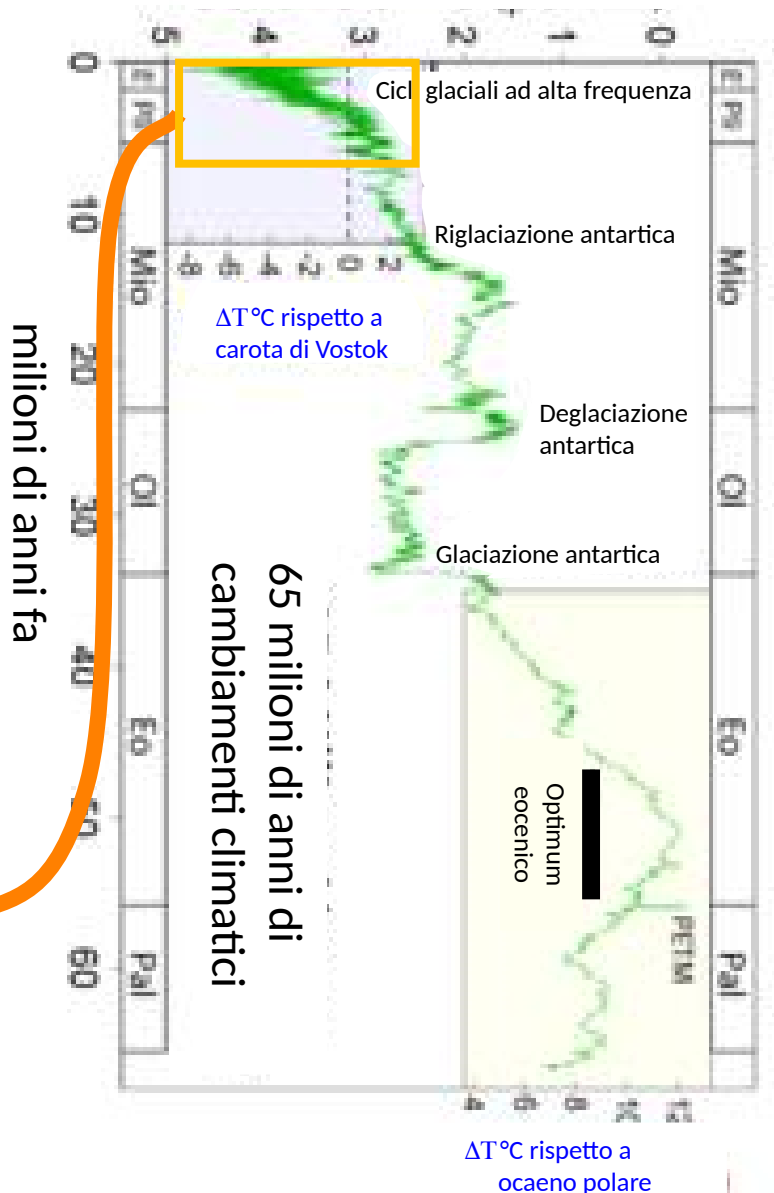
Orogenesi
**Abbassamento
livello del mare**



Nel Terziario il Idm è sempre stato in caduta, (ciclo di 2° ordine) ma la subsidenza dei margini, termica e da carico, ha compensato la tendenza a lungo termine con formazione di spesse sequenze sedimentarie

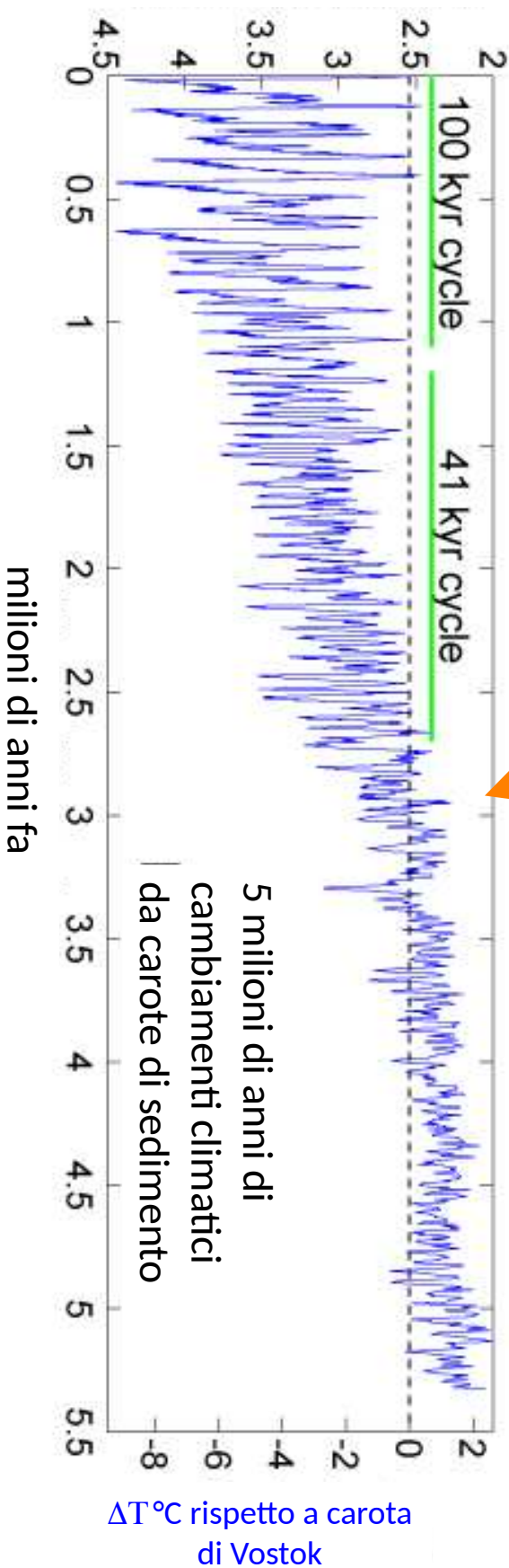


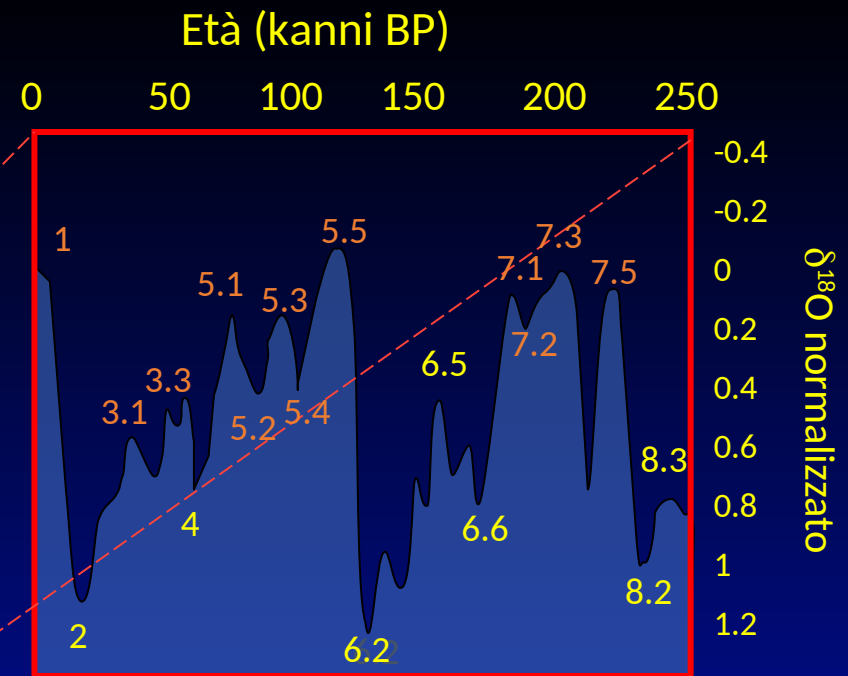
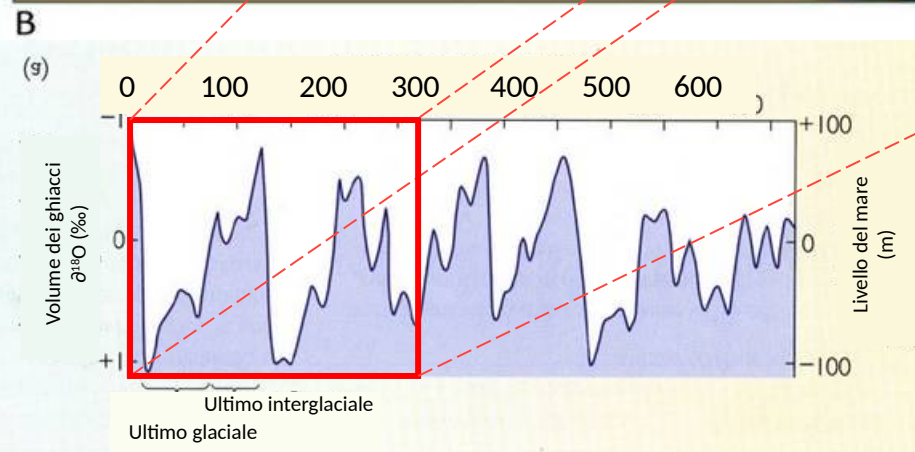
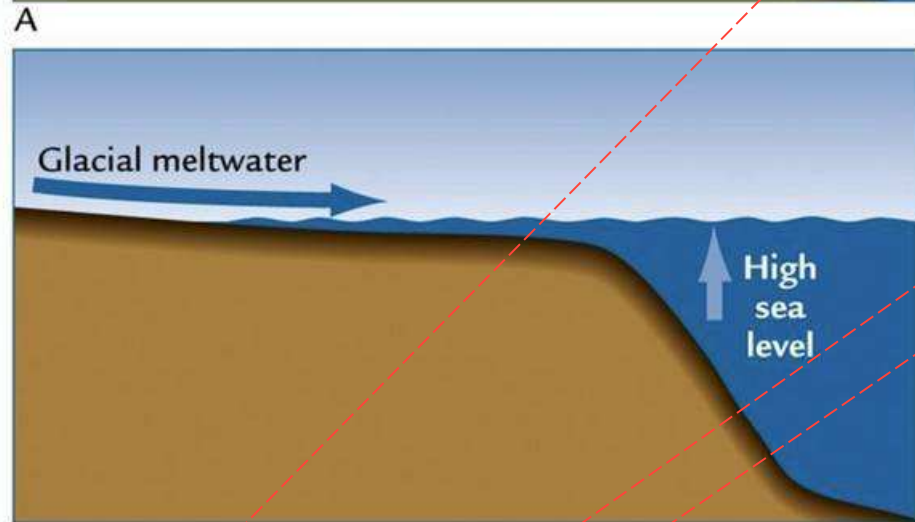
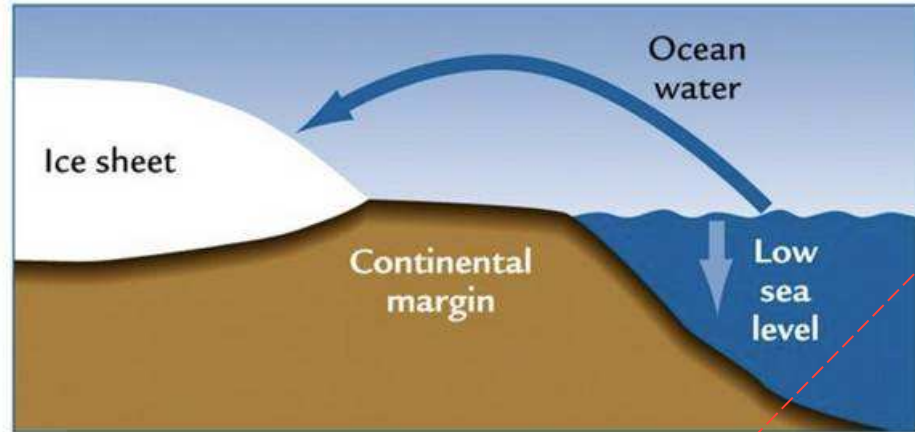
$\delta^{18}\text{O}$ bentonico (‰)



Circa 2.7 milioni di anni fa con il Quaternario, iniziano le oscillazioni milankoviane.

$\delta^{18}\text{O}$ bentonico (‰)





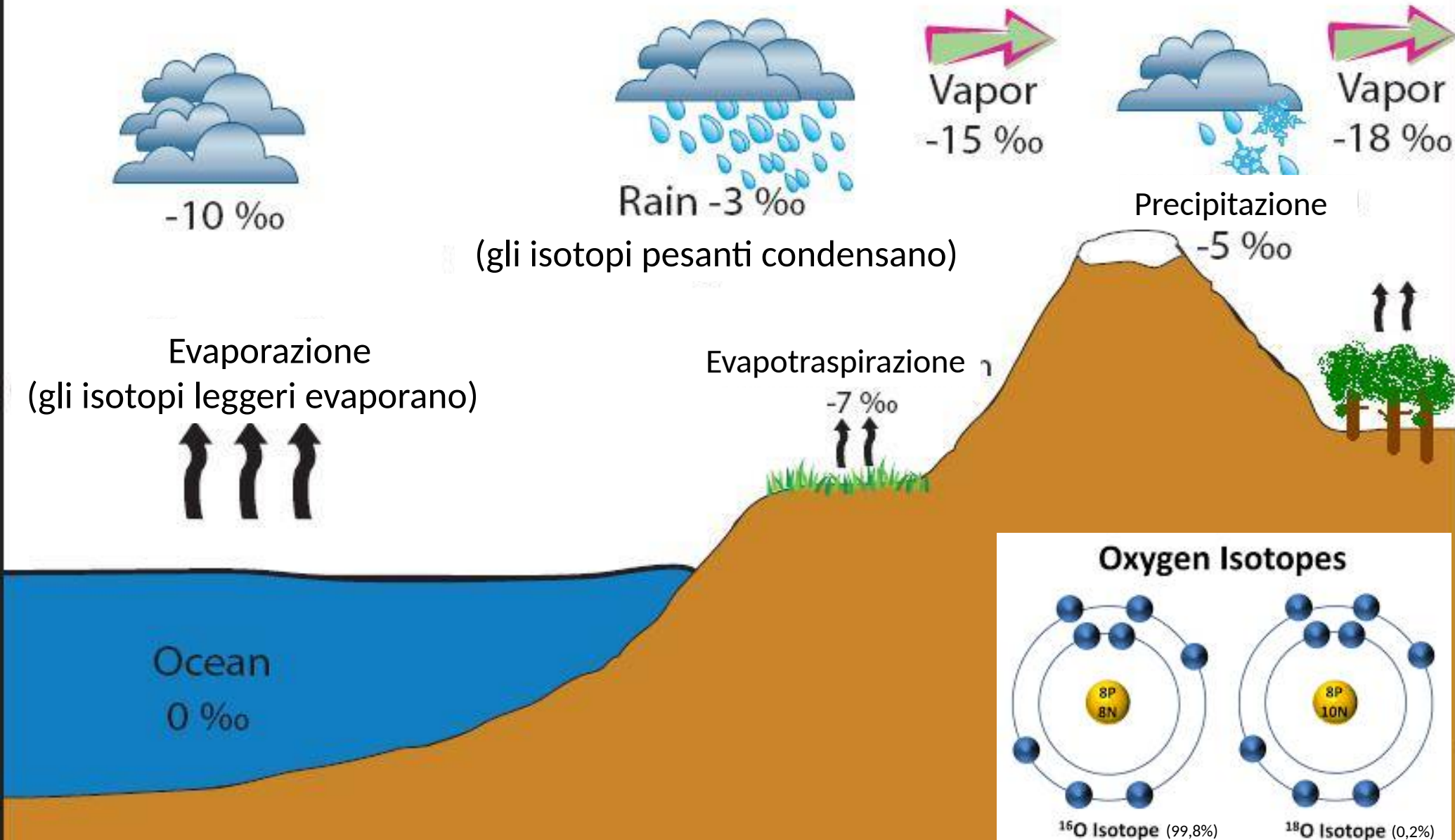
Le curve isotopiche definiscono degli STAGE o MIS (marine isotope stage).

Stage dispari indicano gli interglaciali (l'attuale è MIS1, il Tirreniano il MIS5e).

Stage pari indicano i picchi glaciali (il würmiano è il MIS2, il Riss è il MIS 6.2)

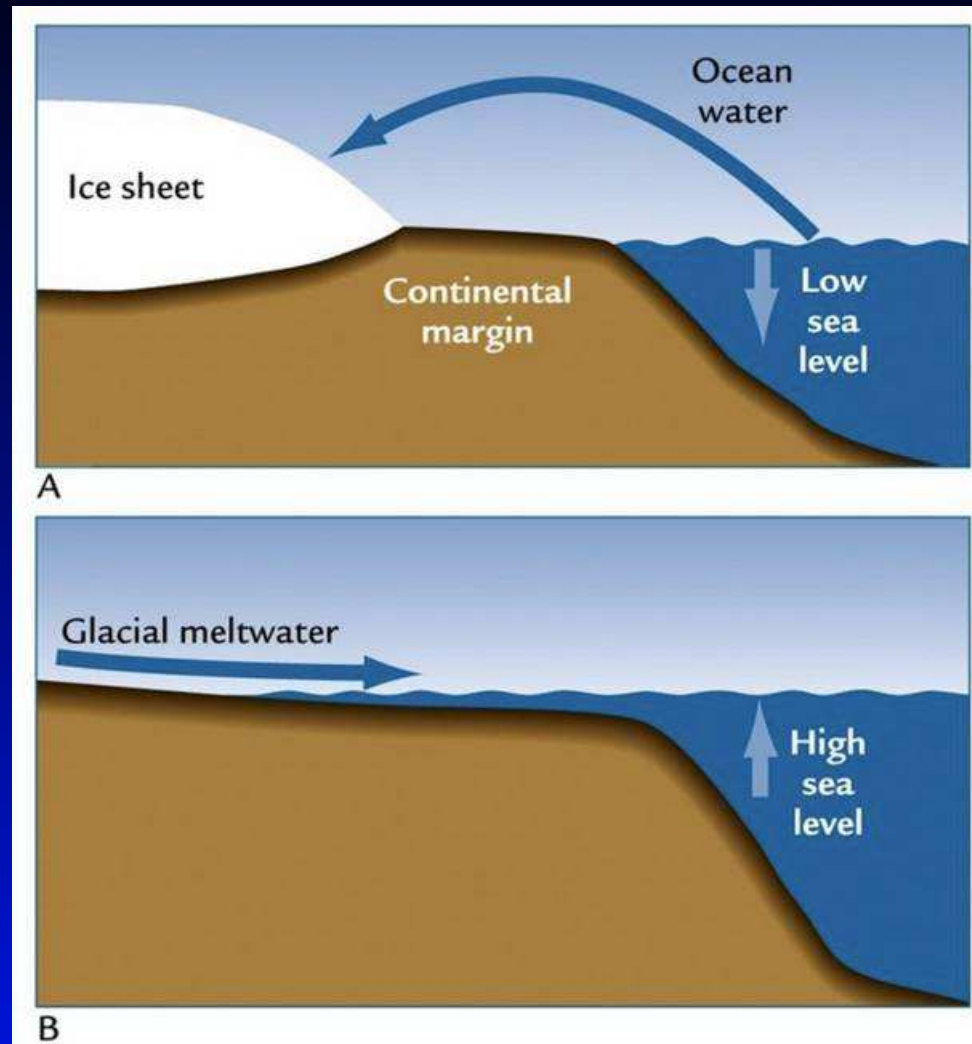
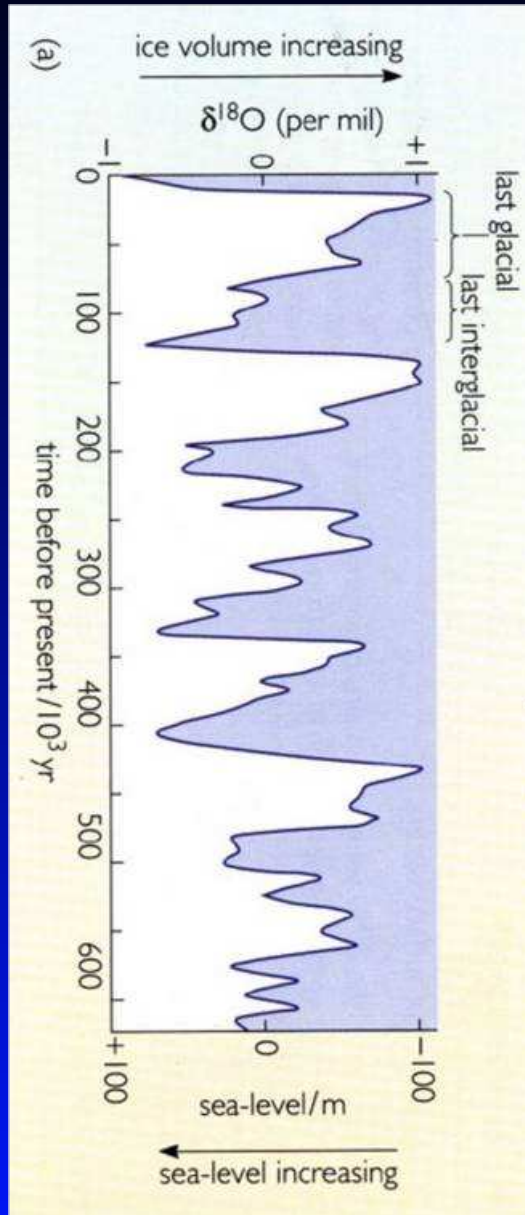
Distillazione isotopica di Rayleigh

come ricavare le oscillazioni del livello del mare dalla misura del rapporto $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ nel guscio dei foraminiferi bentonici

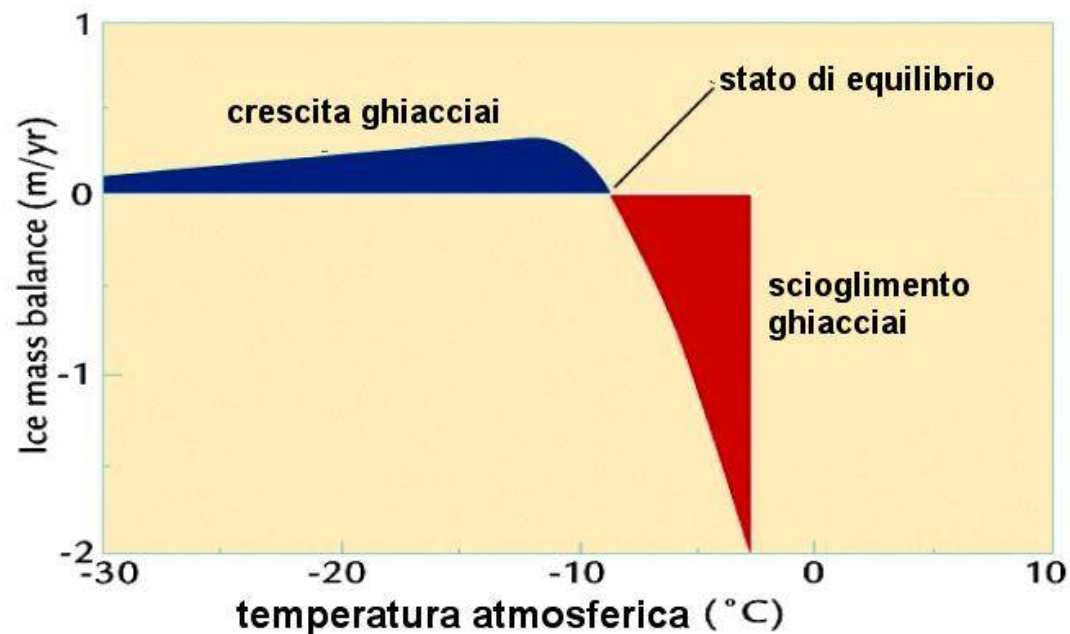
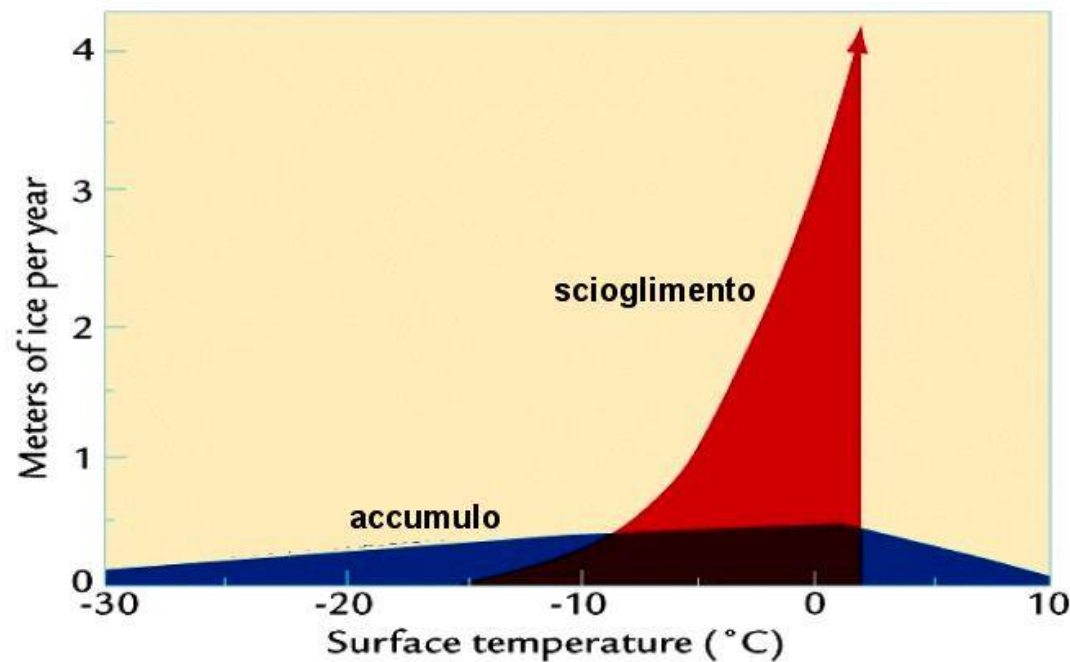


CICLI DI 4° ORDINE

Cause Climatiche (glacioeustatiche)
Lente cadute - rapide risalite



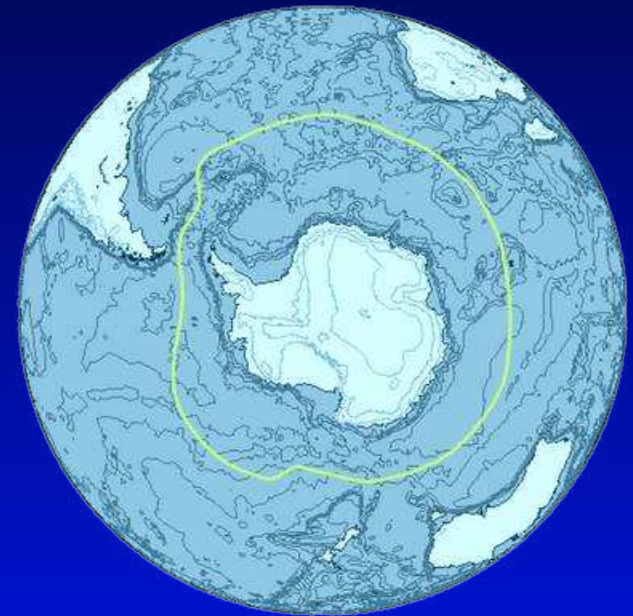
NB i cicli di 4° ordine dominano il Quaternario e la struttura più superficiale dei margini continentali



L'effetto determinante per la formazione dei ghiacci è la minima insolazione estiva che causa lo scioglimento

Infatti al diminuire della temperatura non si ha aumento dell'accumulo di ghiaccio (non c'è umidità)

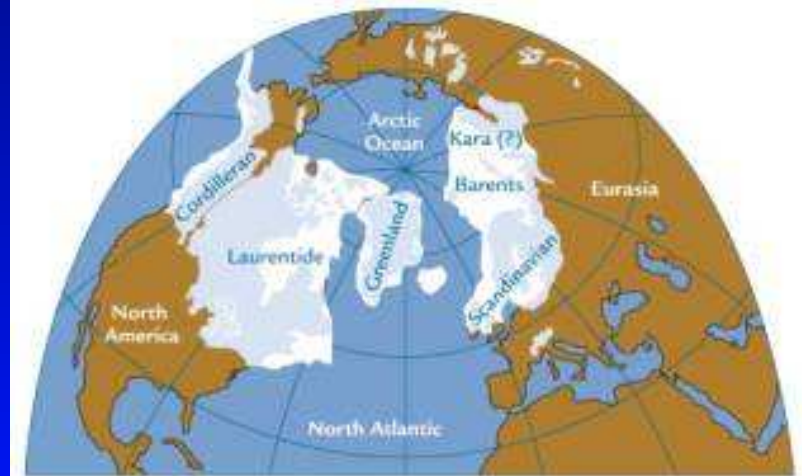
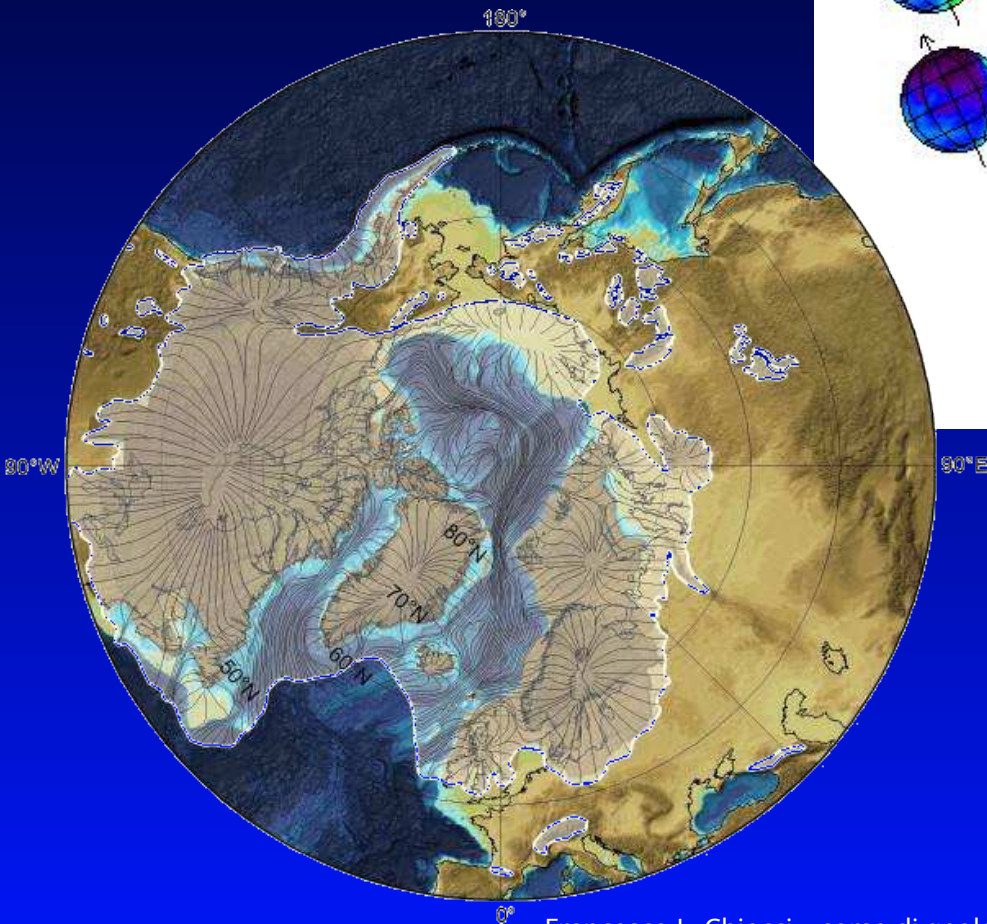
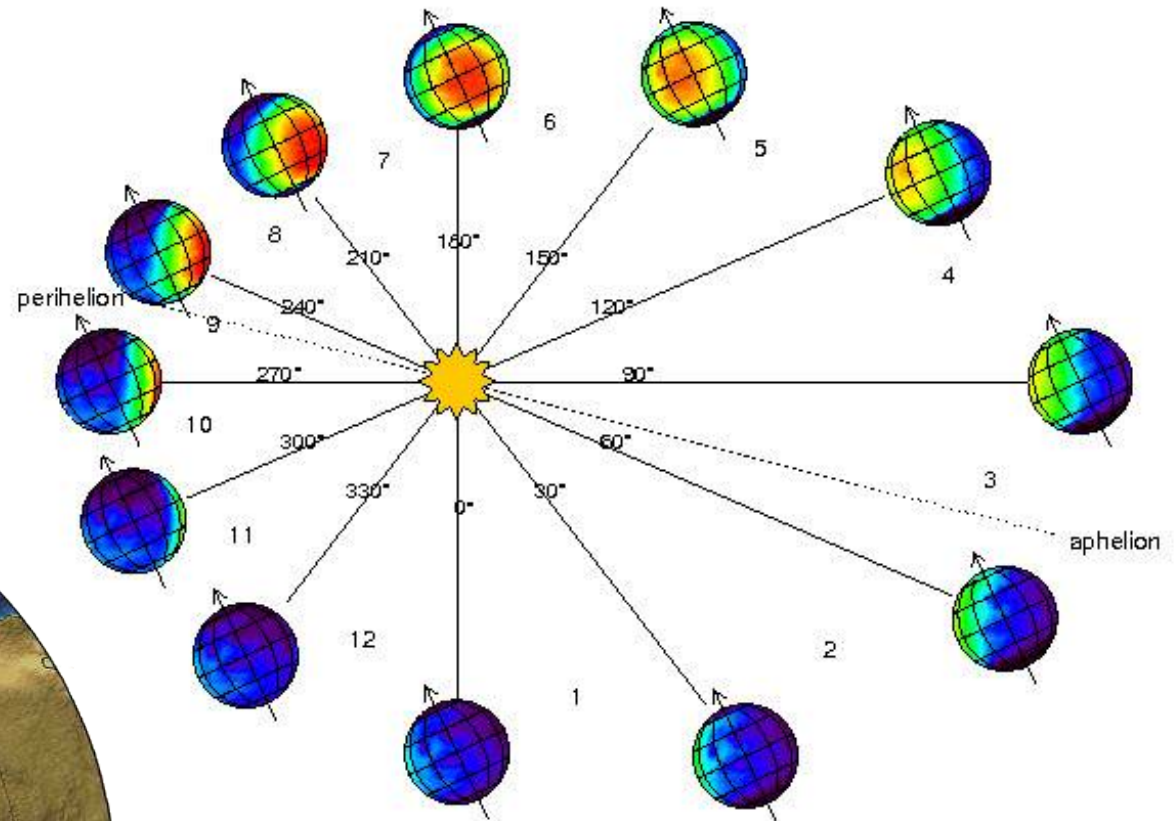
Invece se si sale al di sopra di -10° lo scioglimento aumenta enormemente

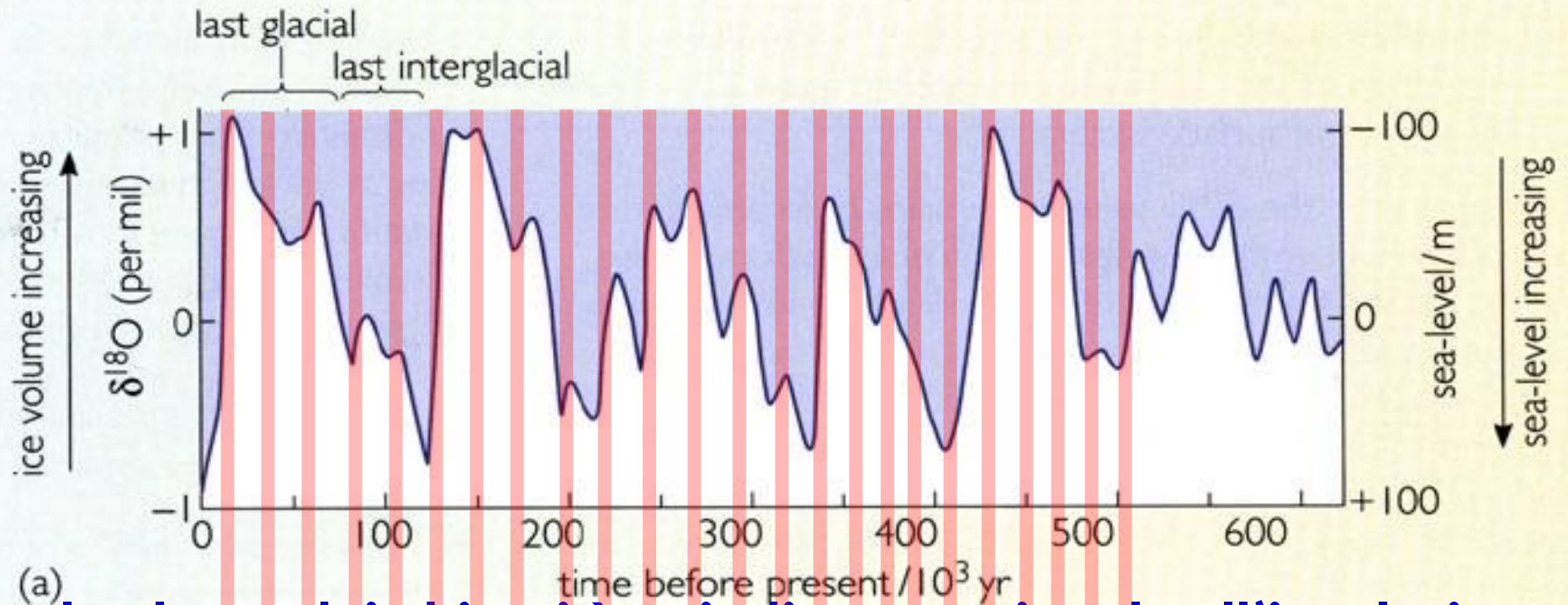


Nell'emisfero sud non ci sono masse continentali oltre l'Antartide, i ghiacciai si possono espandere solo sul mare e il pack non conta

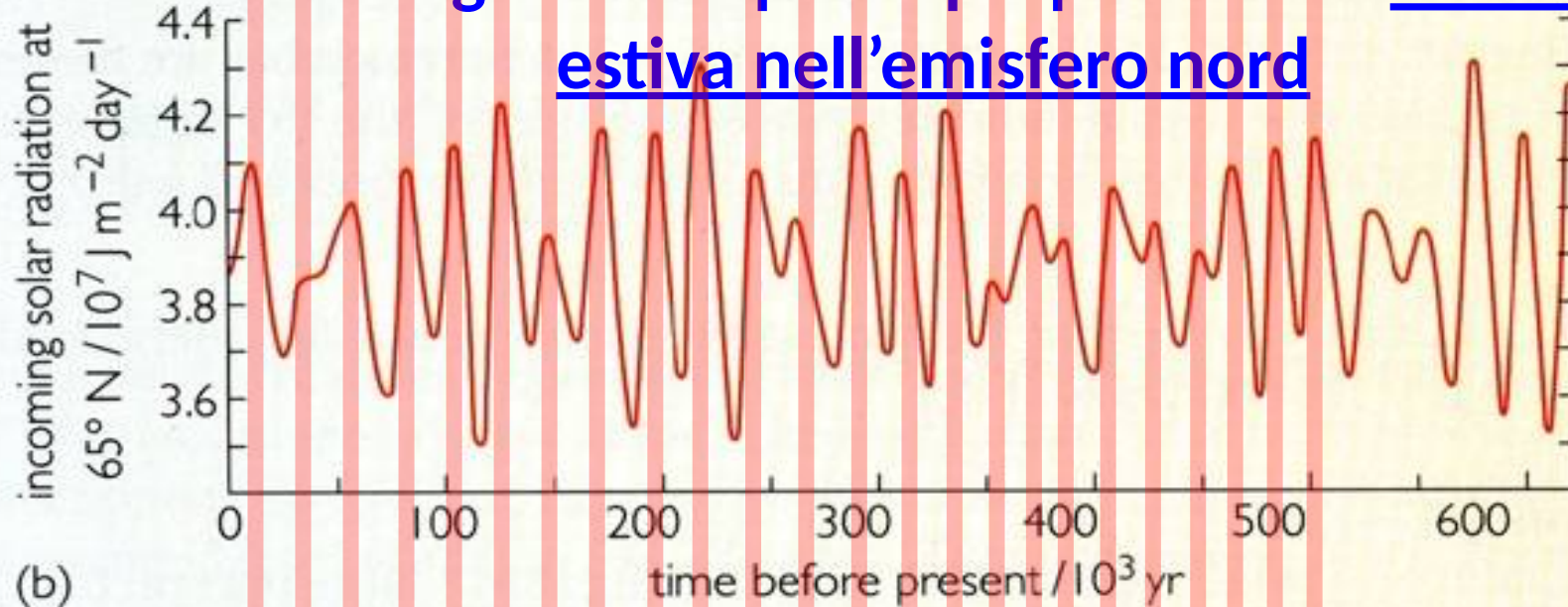
L'effetto determinante per l'eustatismo è quindi la creazione/distruzione di calotte polari nell'emisfero nord.

L'inclinazione dell'asse fa sì che un emisfero si trovi in perielio d'estate (più caldo) mentre l'altro è in afelio (estate più fresca).

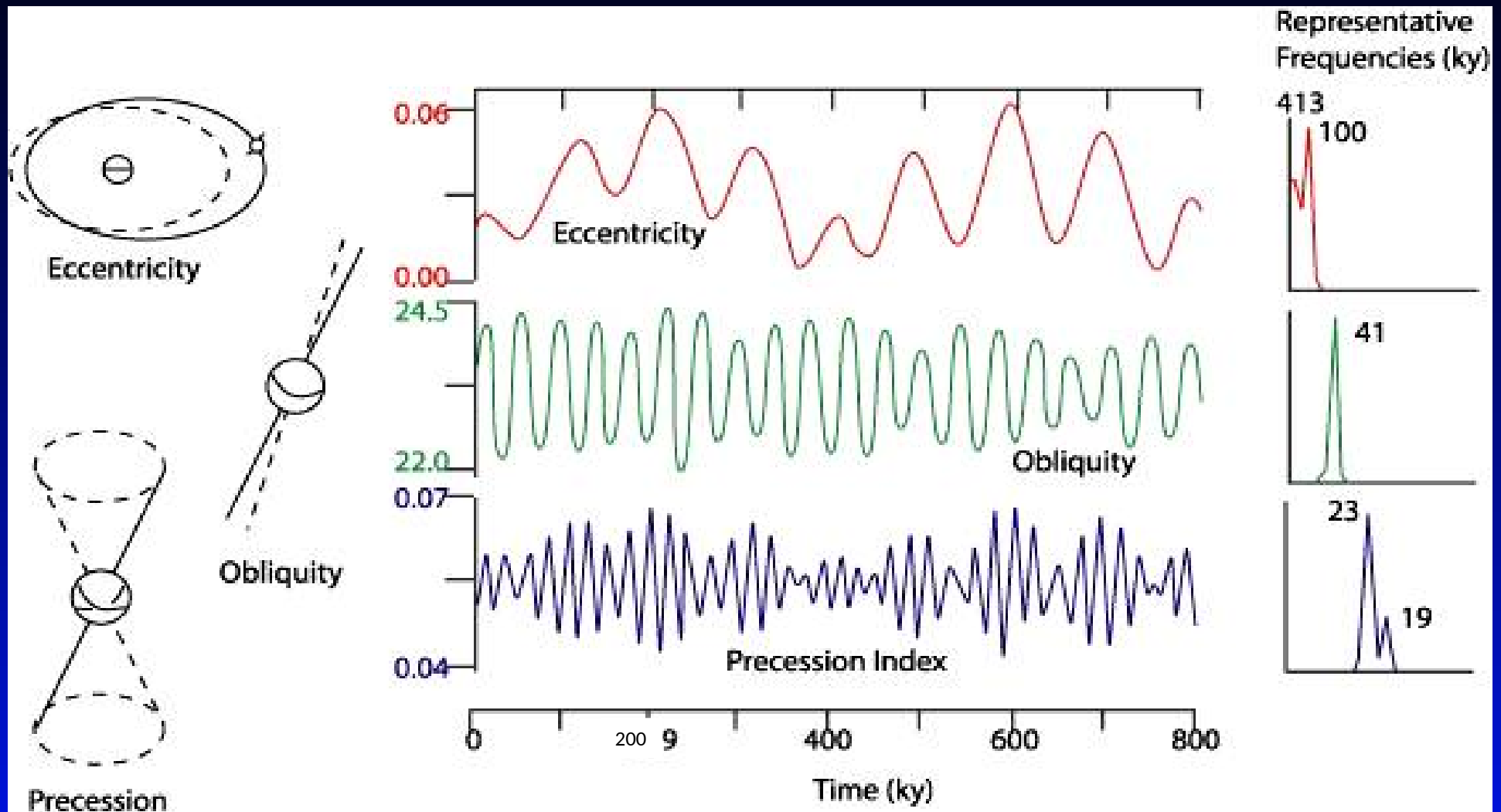




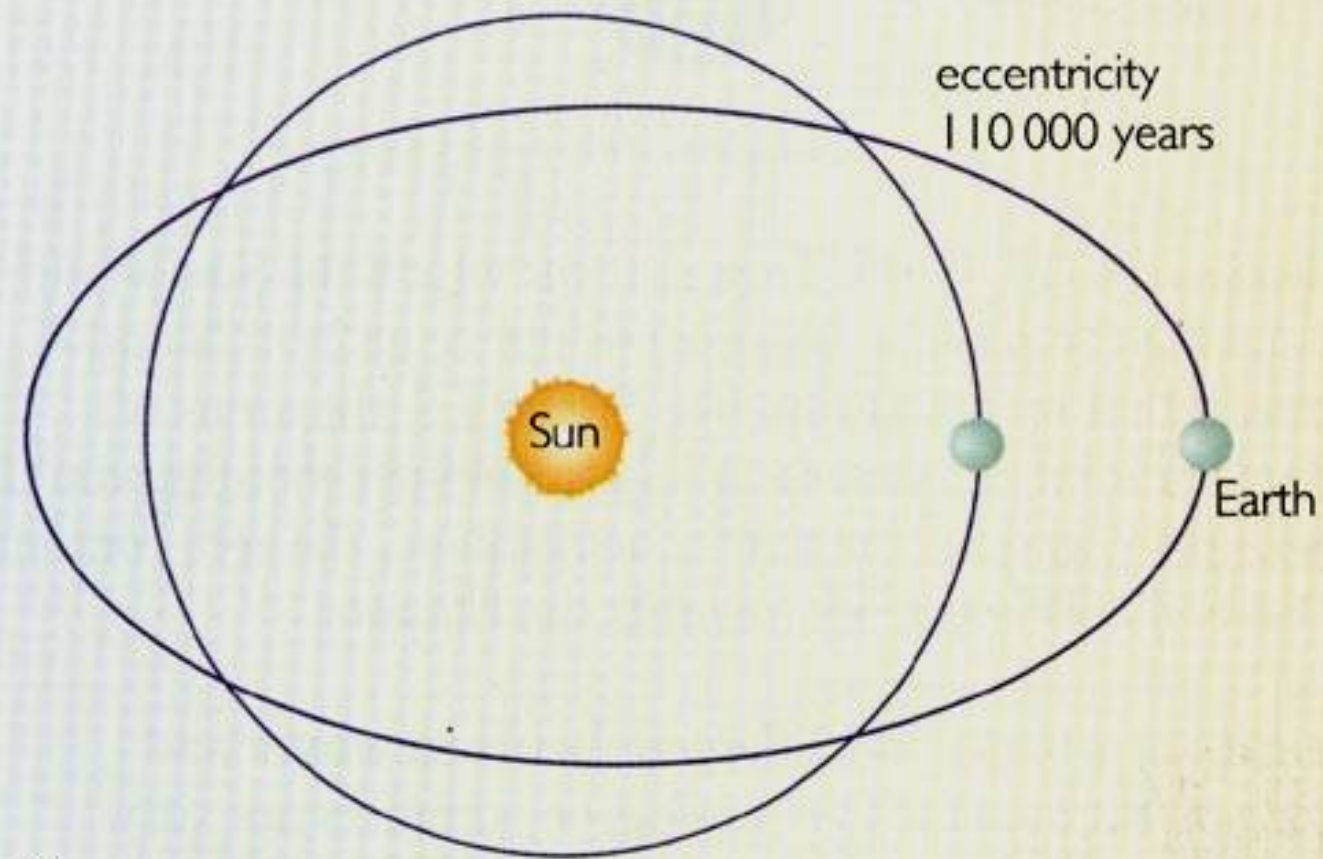
Il volume dei ghiacci è quindi proporzionale all'insolazione estiva nell'emisfero nord



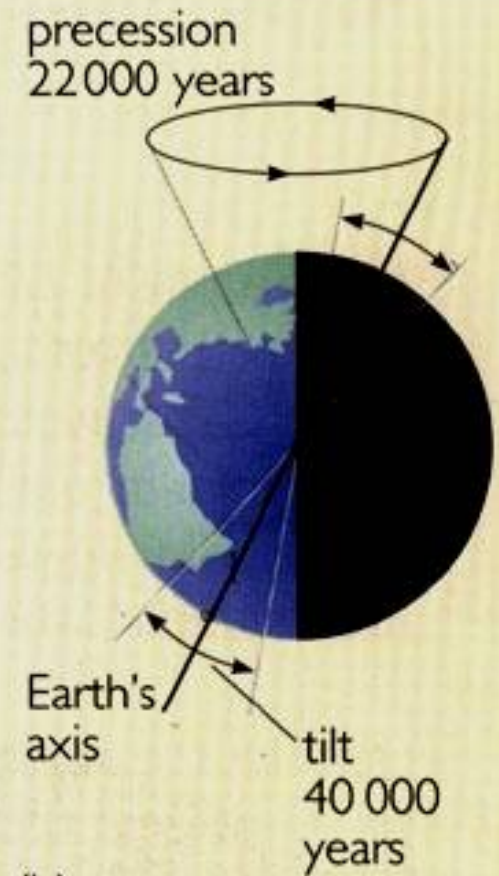
L'insolazione dipende dalla variazione dei parametri orbitali



Milankovitch Frequencies (from SEPM # 40)

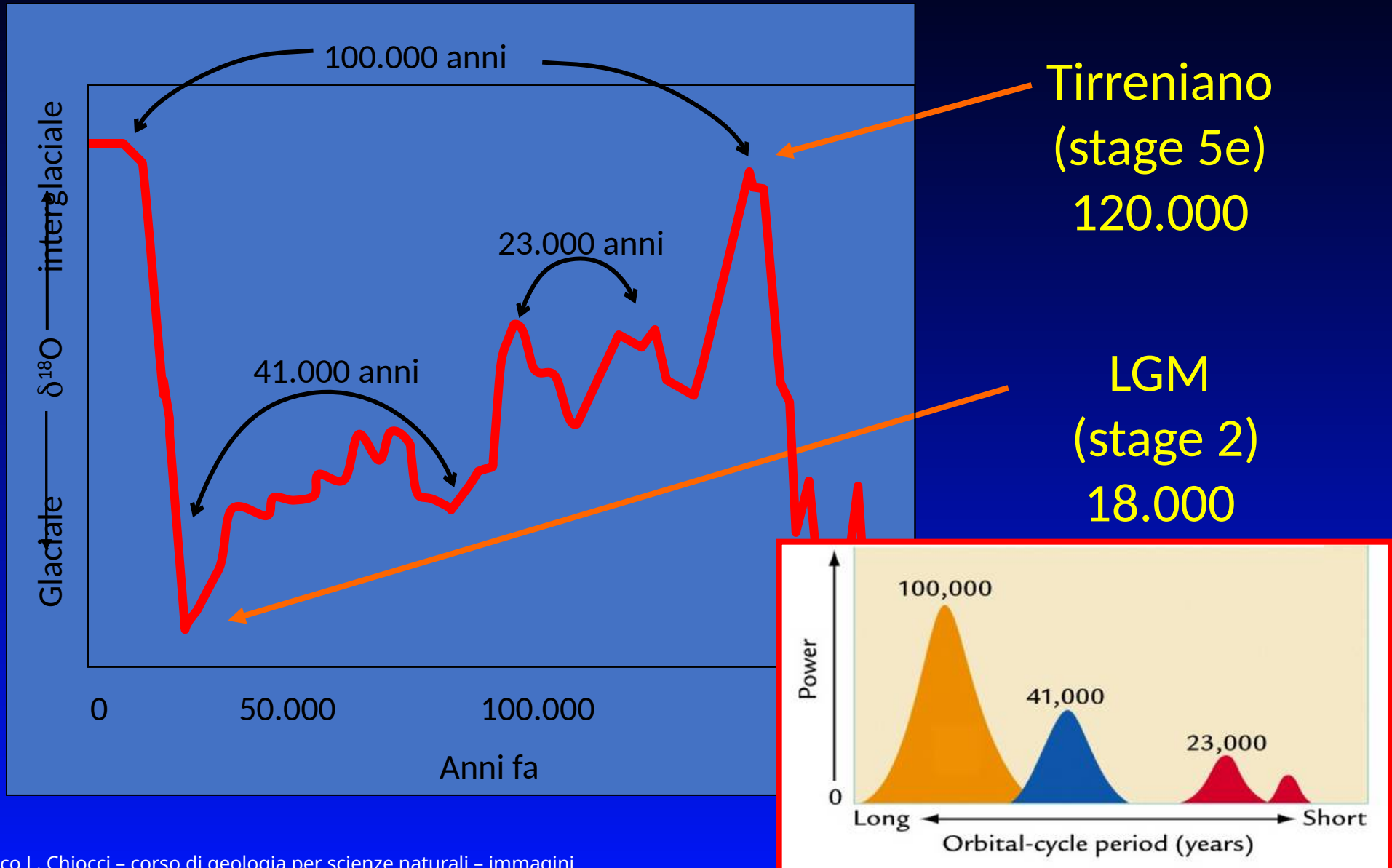


(a)



(b)

Nel Quaternario si ritrovano le frequenze milanckoviane

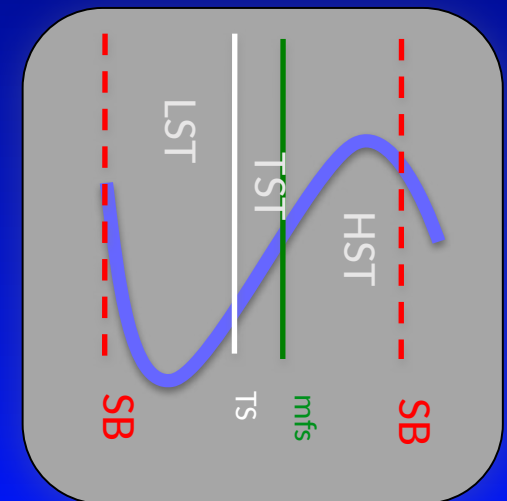
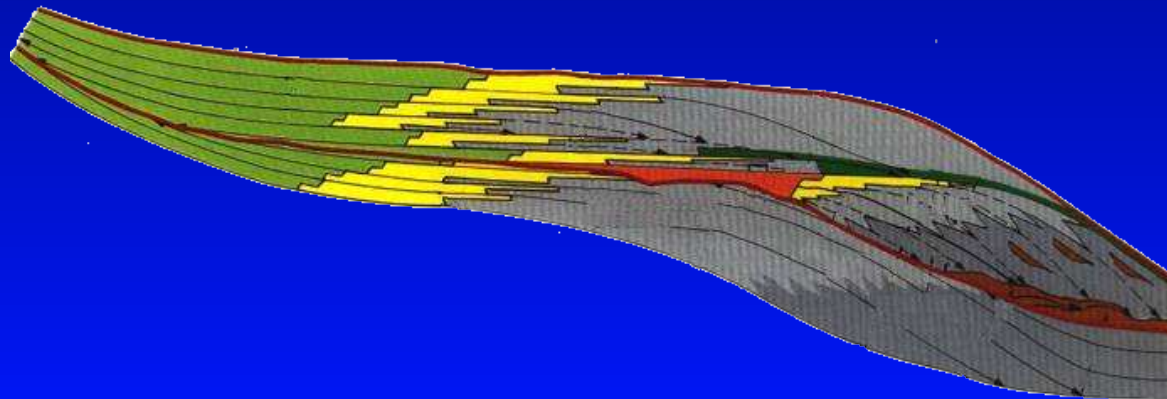


LA STRATIGRAFIA SEQUENZIALE RAPPRESENTA UN MODELLO PREDITTIVO DI EVOLUZIONE DEI MARGINI CONTINENTALI

L'unità di base è la **SEQUENZA DEPOSIZIONALE**, un “insieme di strati geneticamente correlati delimitati al tetto e al letto da superfici di inconformità o da superfici di conformità ad esse correlate”

La sequenza deposizionale si suddivide in **SYSTEMS TRACT**, gruppi di sistemi deposizionali formatisi nello stesso contesto evolutivo (caduta, risalita, stazionamento) del livello del mare relativo.

Le superfici che delimitano i systems tract hanno significato cronostratigrafico



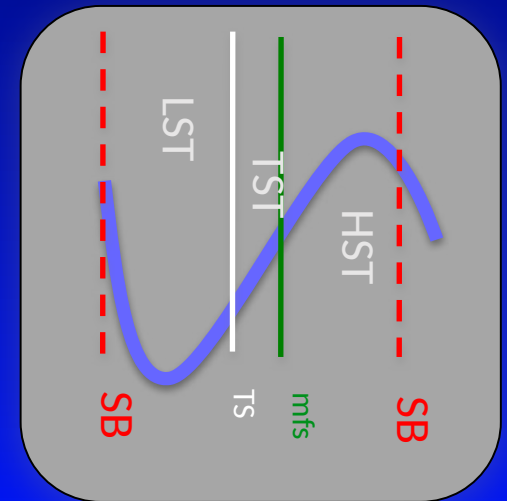
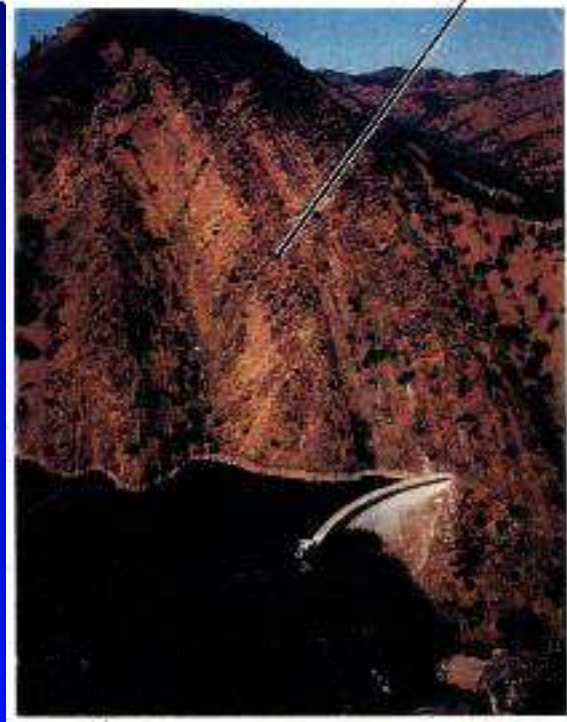
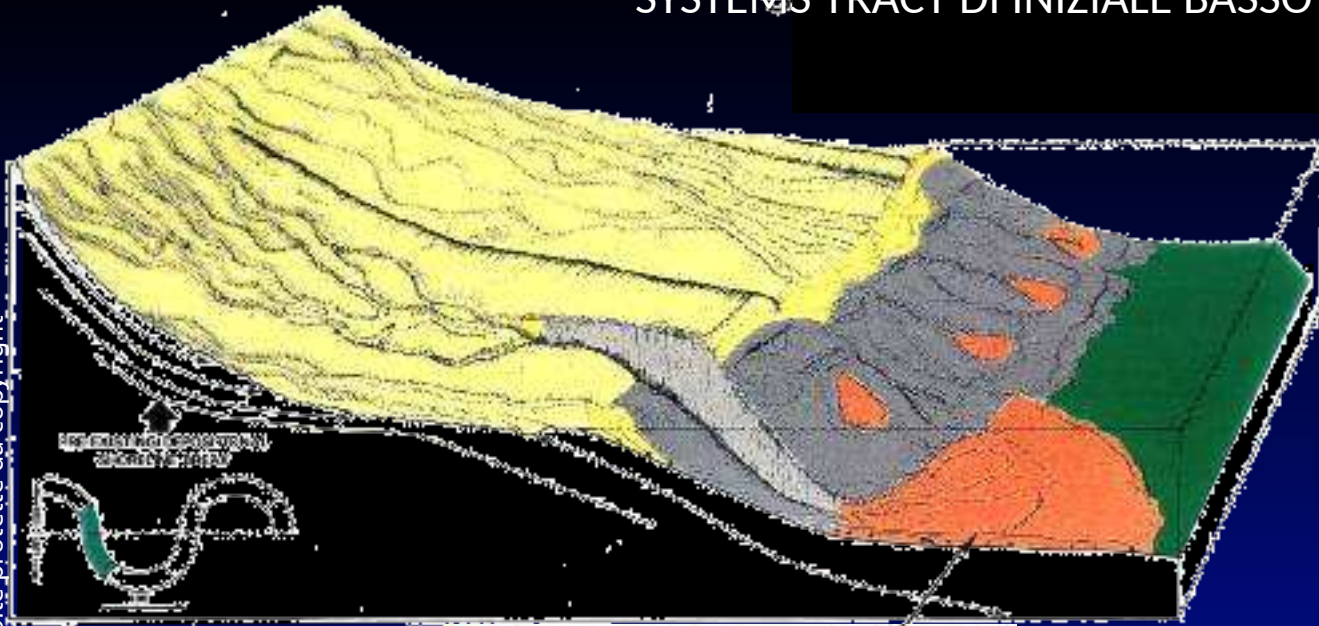
SYSTEMS TRACT DI INIZIALE BASSO STAZIONAMENTO

(early lowstand systems tract)

Tassi di caduta superiori ai tassi di subsidenza

Livello del mare oltre il margine della piattaforma

Paleoalvei in piattaforma, delta al ciglio, fan nel bacino



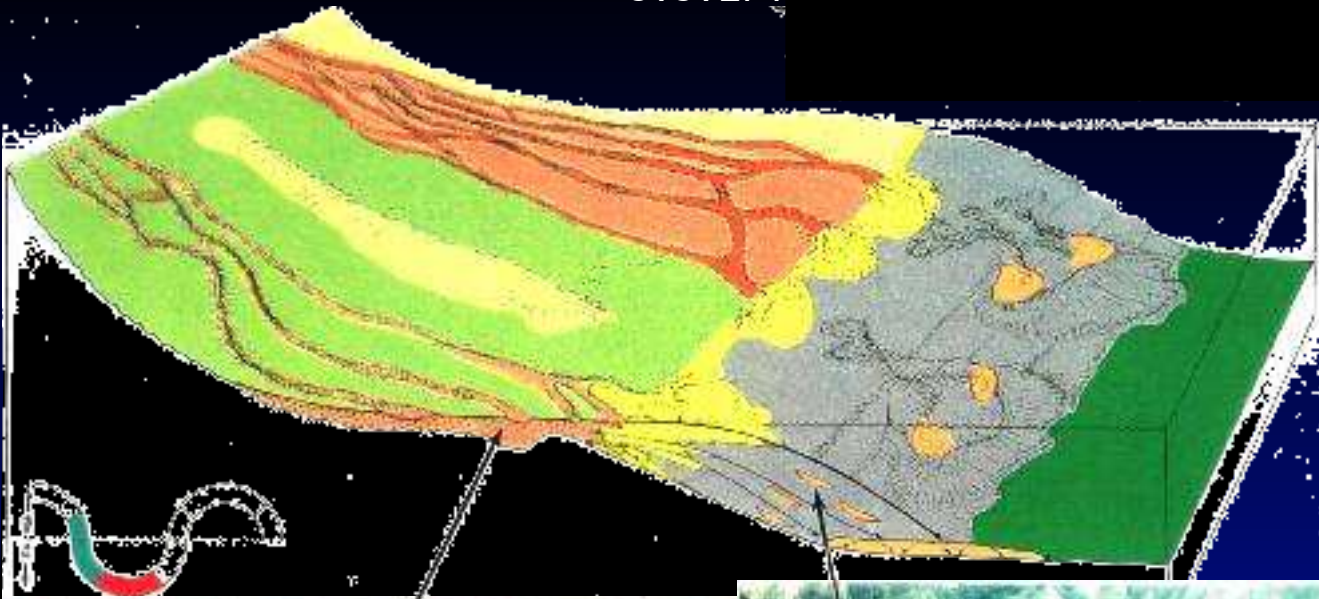
SYSTEMS TRACT DI TARDO BASSO STAZIONAMENTO

(late lowstand systems tract)

Tassi di caduta decrescono, si annullano, risalgono leggermente

Torbiditi sulla scarpata (fangose) e non più nel bacino (sabbiose)

Riempimento dei paleovalle in piattaforma



Arenarie di riempimento di paleovalli in arenarie fangose, Wyoming



Torbiditi fangose di cuneo progradante, Pirenei, Spagna



SYSTEMS TRACT TRASGRESSIVO

(transgressive systems tract)

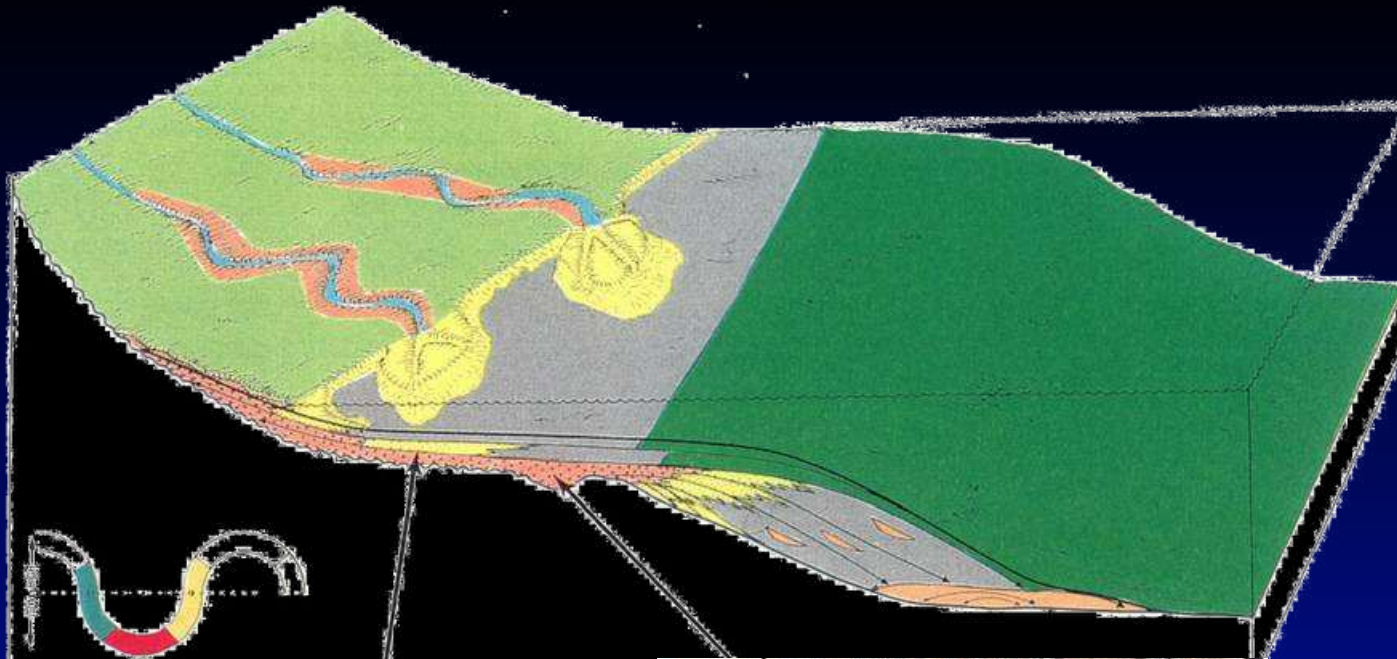
Tassi di risalita raggiungono il massimo

Tassi di sedimentazione raramente superiori a tassi di risalita

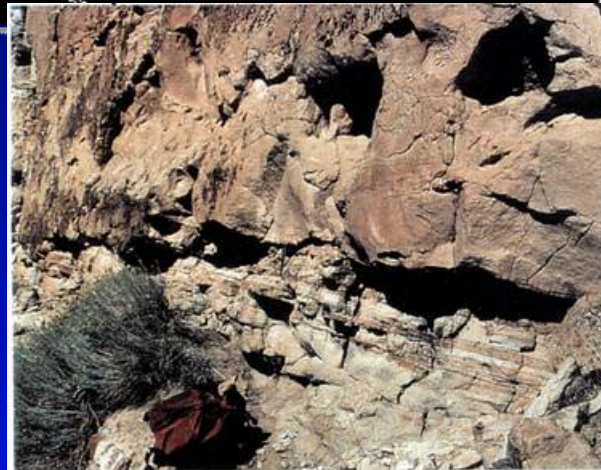
Scarsa sedimentazione (serie condensate) in scarpata e bacino

Sistemi fluviali meandricano per innalzamento livello di base, valli incise diventano lagune costiere

Un esempio di paesaggio trasgressivo è la pianura pontina dove la mancanza di apporti non permette all'HST di progradare



Set di parasequenze retrogradazionali, Wyoming



Riempimento di valle incisa, Wyoming



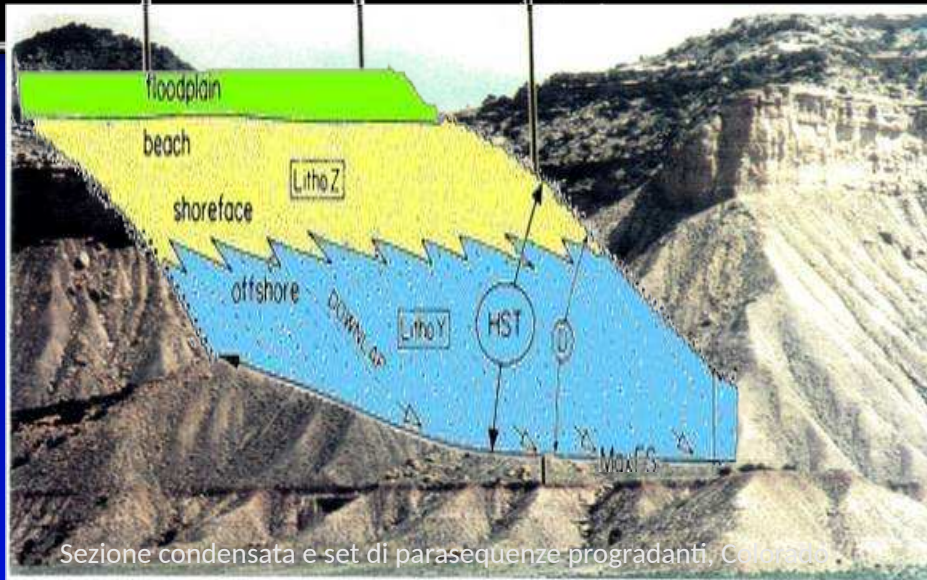
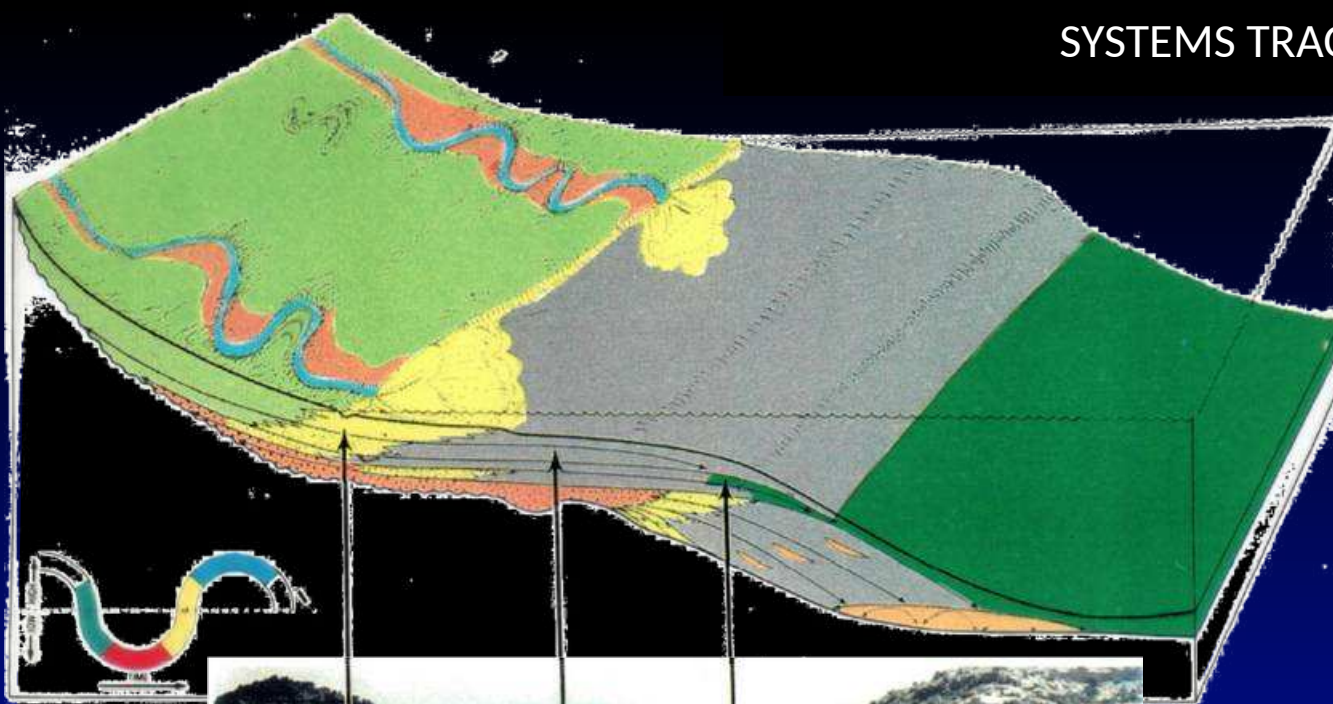
SYSTEMS TRACT DI ALTO STAZIONAMENTO

(highstand systems tract)

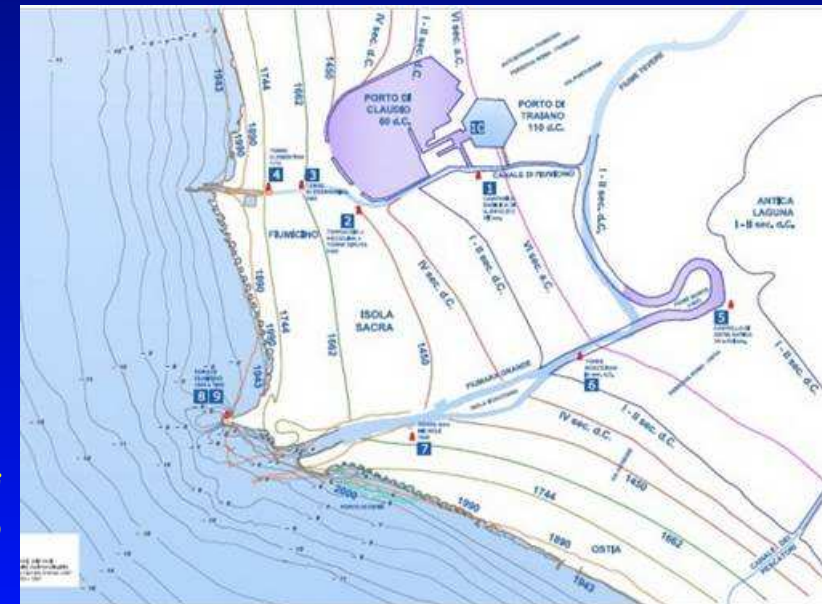
Tassi di risalita raggiungono il minimo e iniziano a invertirsi

I tassi di deposizione maggiori della creazione di accommodation causano progradazione

Le serie condensate vengono ricoperte in downlap



Un esempio di highstand regressivo è il delta del Tevere dove gli apporti, una volta che il livello del mare si è stabilizzato, hanno provocato l'avanzata della linea di riva

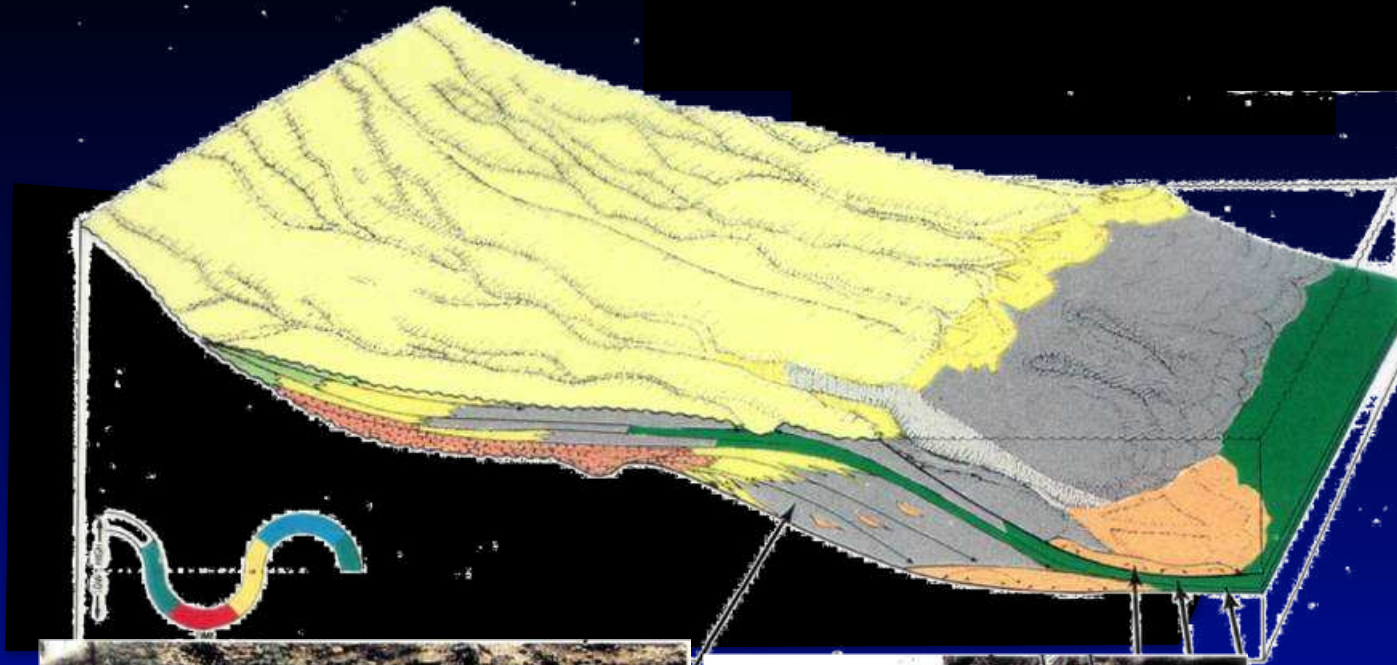


FORMAZIONE DEL LIMITE DI SEQUENZA RE-INIZIO SYSTEMS TRACT DI BASSO STAZIONAMENTO

Tassi di caduta eccedono i tassi di subsidenza

Livello del mare oltre il ciglio della piattaforma

Erosione in piattaforma, canyon sulla scarpata, conoidi nel bacino



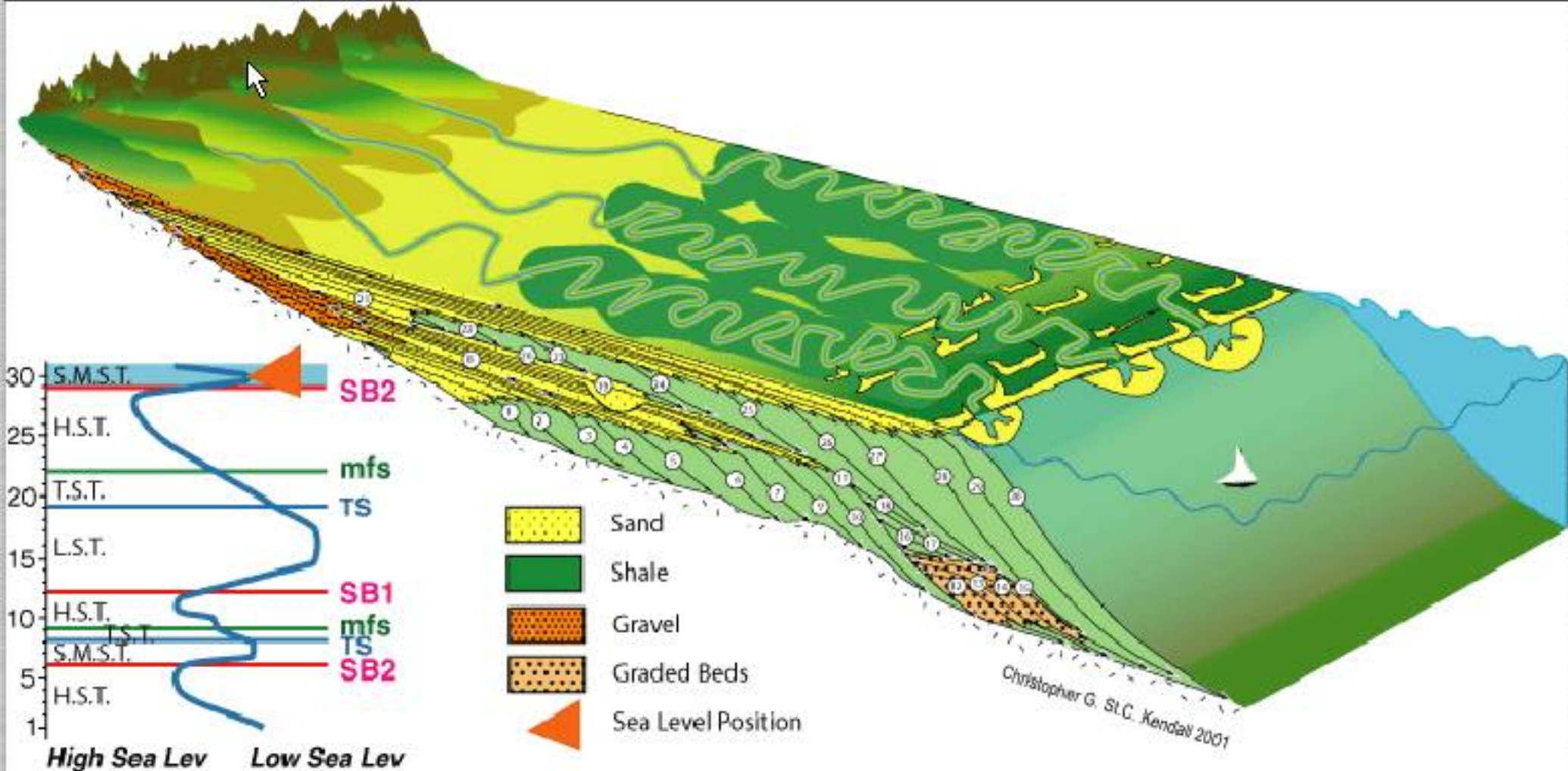
Arenarie torbitiche di scarpata, California



Torbiditi di conoide, a contatto con torbiditi di scarpata, California



Un esempio di morfologia dovuta a caduta del livello del mare è il Golfo di Botnia (Scandinavia) dove lo scioglimento dei ghiacci ha alleggerito la crosta che isostaticamente risale, causando una caduta del livello del mare relativo



La stratigrafia sequenziale rappresenta uno strumento potente per avere una terminologia e dei concetti unificanti nella ricostruzione dei margini continentali.