

# **PRINCIPI DI SCIENZE DELLA TERRA**

## **Stratigrafia**

Prof. Giovanni Vezzoli

Università di Milano-Bicocca (DISAT)

# Stratigrafia

---

Una discordanza è una superficie fossile di erosione, un vuoto nel tempo che separa due episodi nella formazione delle rocce.

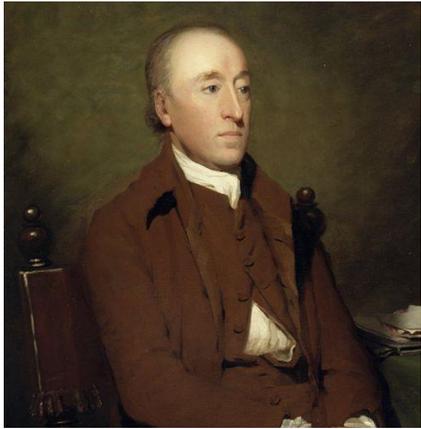
**Le discordanze sono una prova diretta del fatto che la storia della nostra Terra è molto antica e che comprende vari cicli di deposizione e di sollevamento.**



Discordanza (unconformity)  
Periodo di NON deposizione e/o di attiva erosione

# Stratigrafia

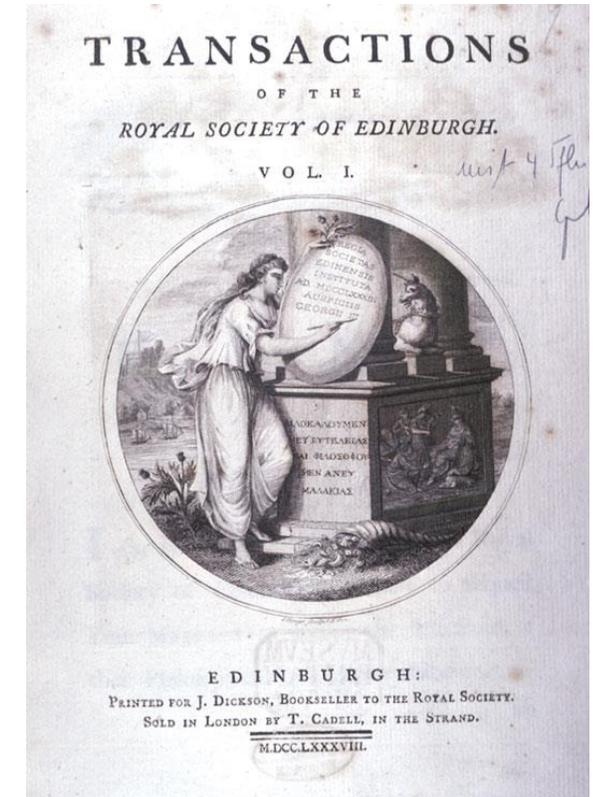
Hutton è riconosciuto come il primo scienziato che ha riconosciuto **le discordanze come materializzazione del Tempo Profondo**



James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese

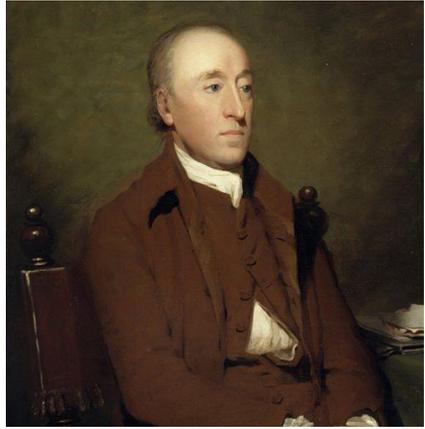
Il suo primo libro fu edito nel 1788

Theory of the Earth. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. I, 1788.



# Stratigrafia

---



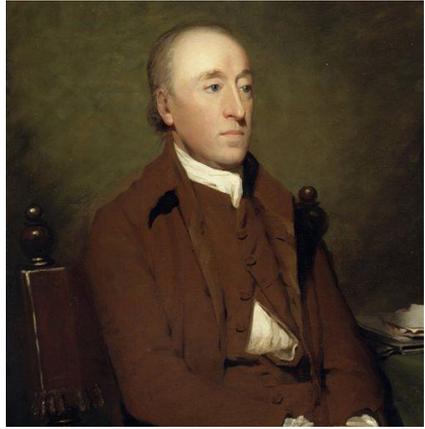
James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese

Nel suo libro Hutton presenta la sua ipotesi sull'evoluzione della Terra come la soluzione a priori di un problema (il problema del suolo) che riguarda soprattutto le finalità della natura (i processi naturali secondo Hutton avrebbero uno scopo, una causa finale e nel suo caso il suolo per l'uomo) e quindi elabora la sua teoria non come un'induzione a partire da osservazioni sul campo ma attraverso una deduzione.

Successivamente, Hutton fornì un'osservazione empirica (una verifica della sua ipotesi) sul campo, che svelava la chiave della profondità del tempo, determinando in questo modo, il maggior contributo che la Geologia ha dato al pensiero umano (superiore di gran lunga alla teoria della Tettonica delle Placche)

# Stratigrafia

---



James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese

La sua ipotesi è stata:

Fase 1. La Terra viene consumata dall'erosione formando suoli nei continenti e trasportando i prodotti dell'erosione nei mari (questa è anche l'unica fase che possiamo osservare direttamente)

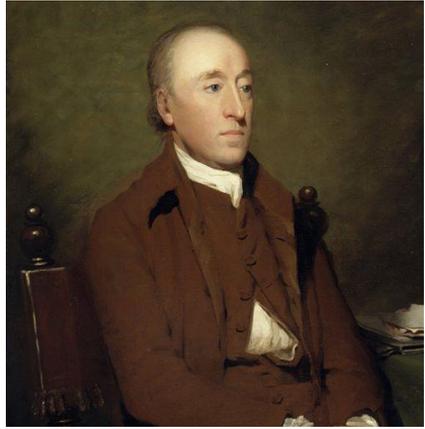
Fase 2. I frammenti erosi dai continenti (sedimenti) vengono depositati in strati nei bacini marini

Fase 3. Il peso degli strati di sedimenti che si accumulano comprime i sedimenti stessi e genera calore che fonde gli strati più in profondità (più antichi)

Fase 4. In conseguenza di questo calore gli strati stessi vengono fratturati e sollevati a generare nuovi continenti

# Stratigrafia

---



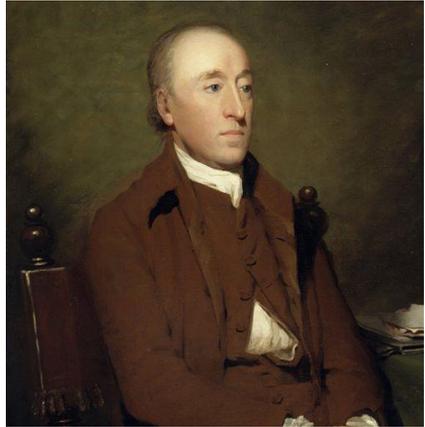
James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese

Poi dopo la fase 4 ricomincerà un nuovo ciclo dove i nuovi continenti verranno di nuovo erosi e via via in un ciclo infinito

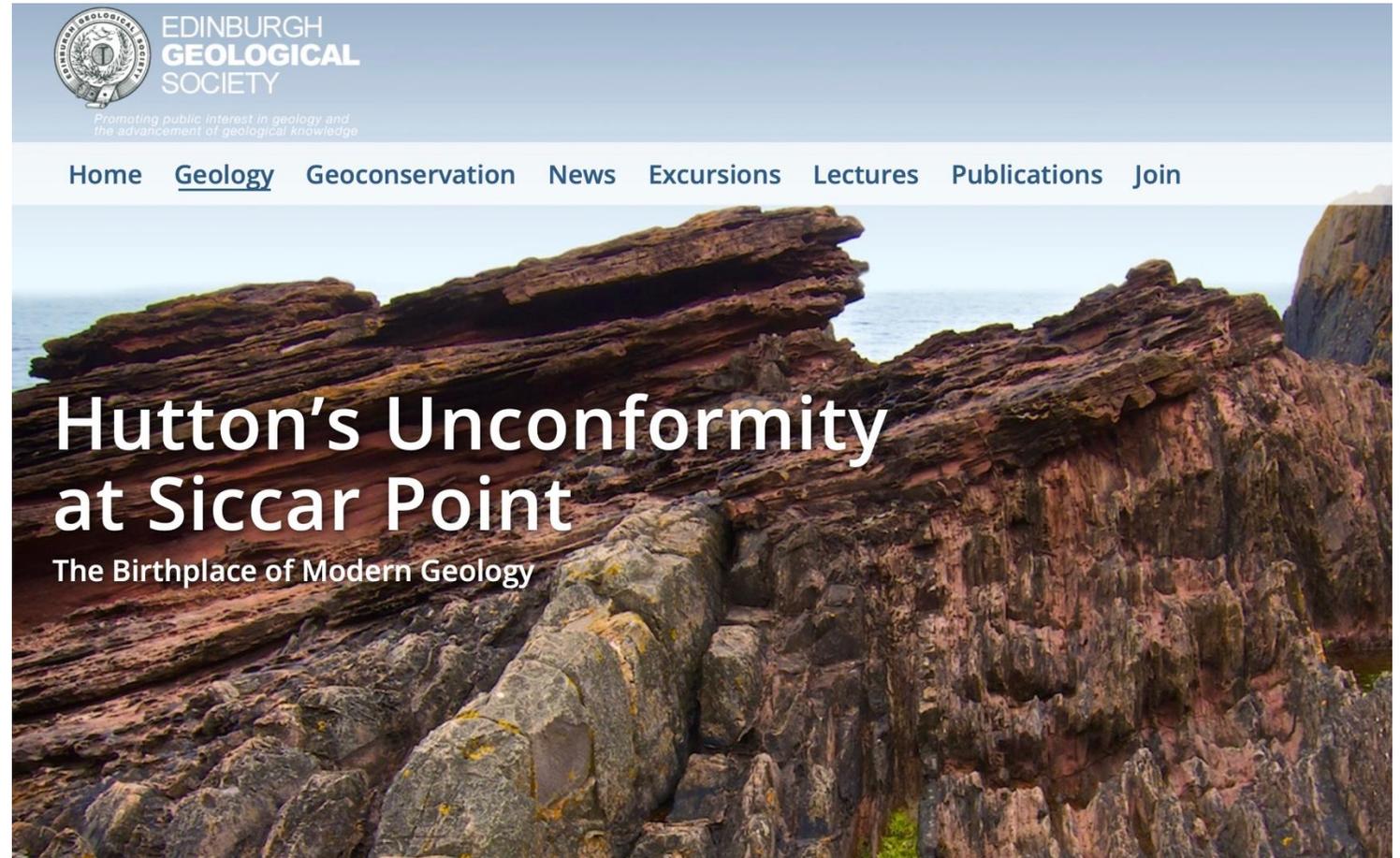
Hutton parla infatti di “macchina del Mondo” per la sua teoria perché è profondamente influenzato sia dal suo amico James Watt sia dalle teorie di Newton, che Hutton ammirava.

Quindi grazie a questa teoria Hutton fa “esplodere” i confini del tempo. Il tempo profondo è infatti intrinsecamente connesso alla ciclicità della macchina di Hutton. Bisognava infatti che la Terra avesse a disposizione molto tempo per poter seguire i suoi cicli.

# Stratigrafia



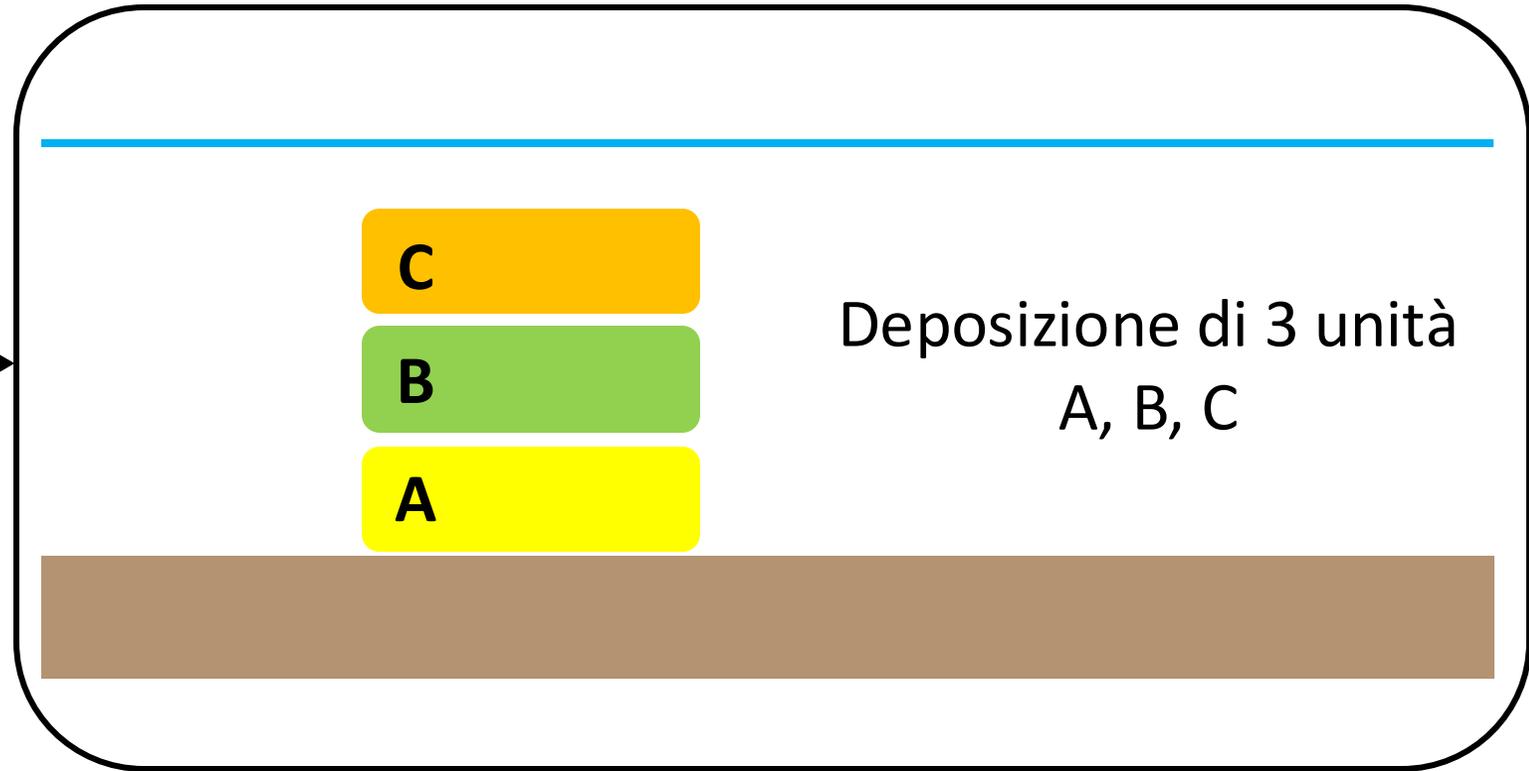
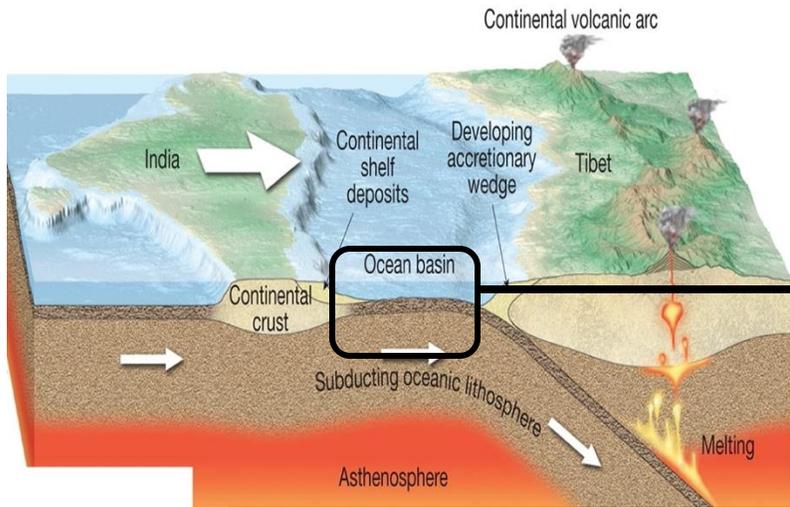
James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese



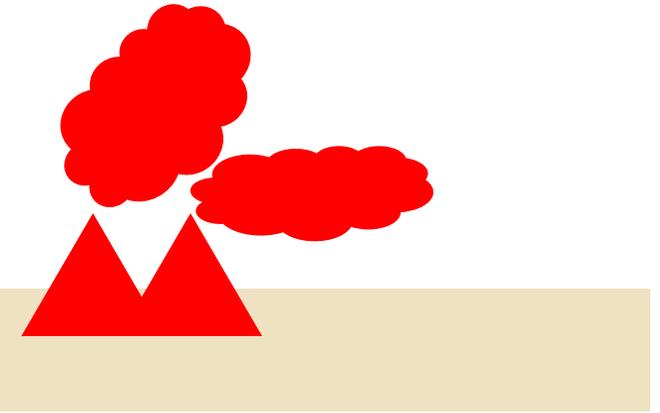
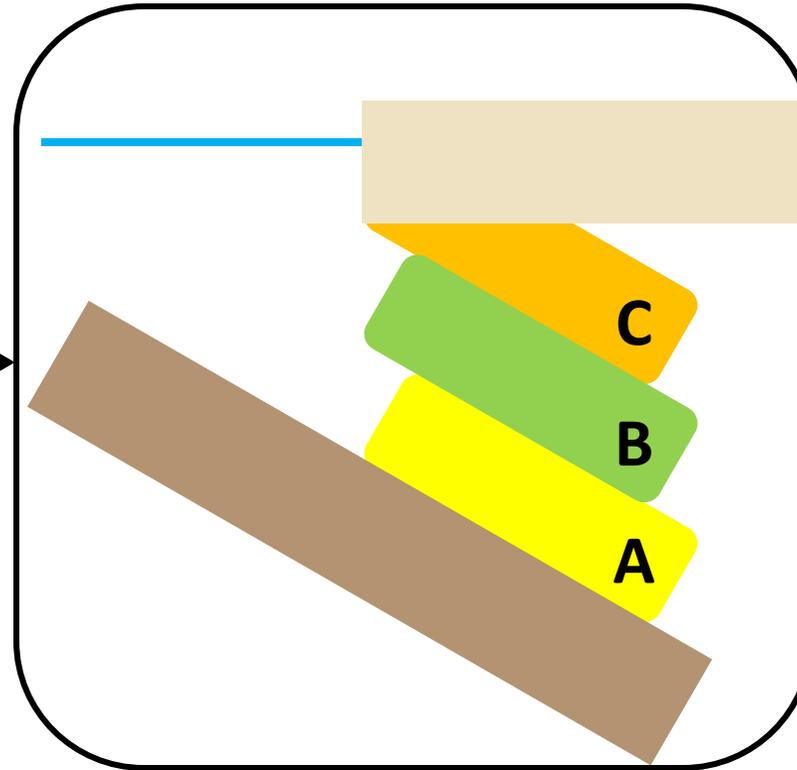
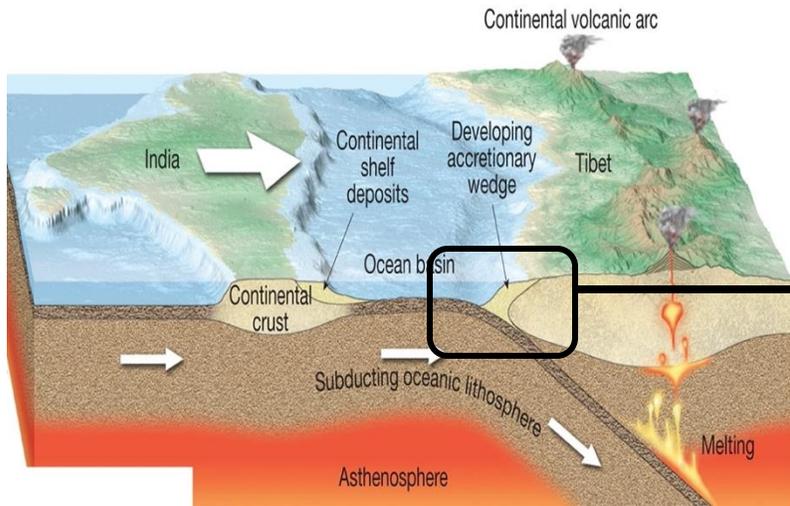
L'osservazione chiave che fornì Hutton fu riconoscere all'interno di quella che viene chiamata **Discordanza Angolare** la prova sul campo più evidente della vastità del tempo.

Vediamo come si forma una discordanza ripassando prima come avvengono i processi di formazione delle rocce sedimentarie e delle montagne (orogenesi)

## Tempo 1 (80 Ma) - Deposizione



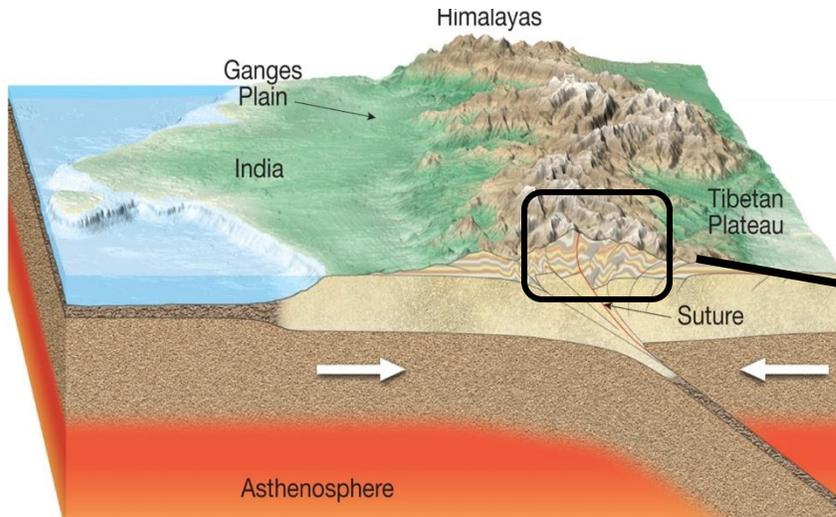
## Tempo 2 (60) Ma - Litificazione



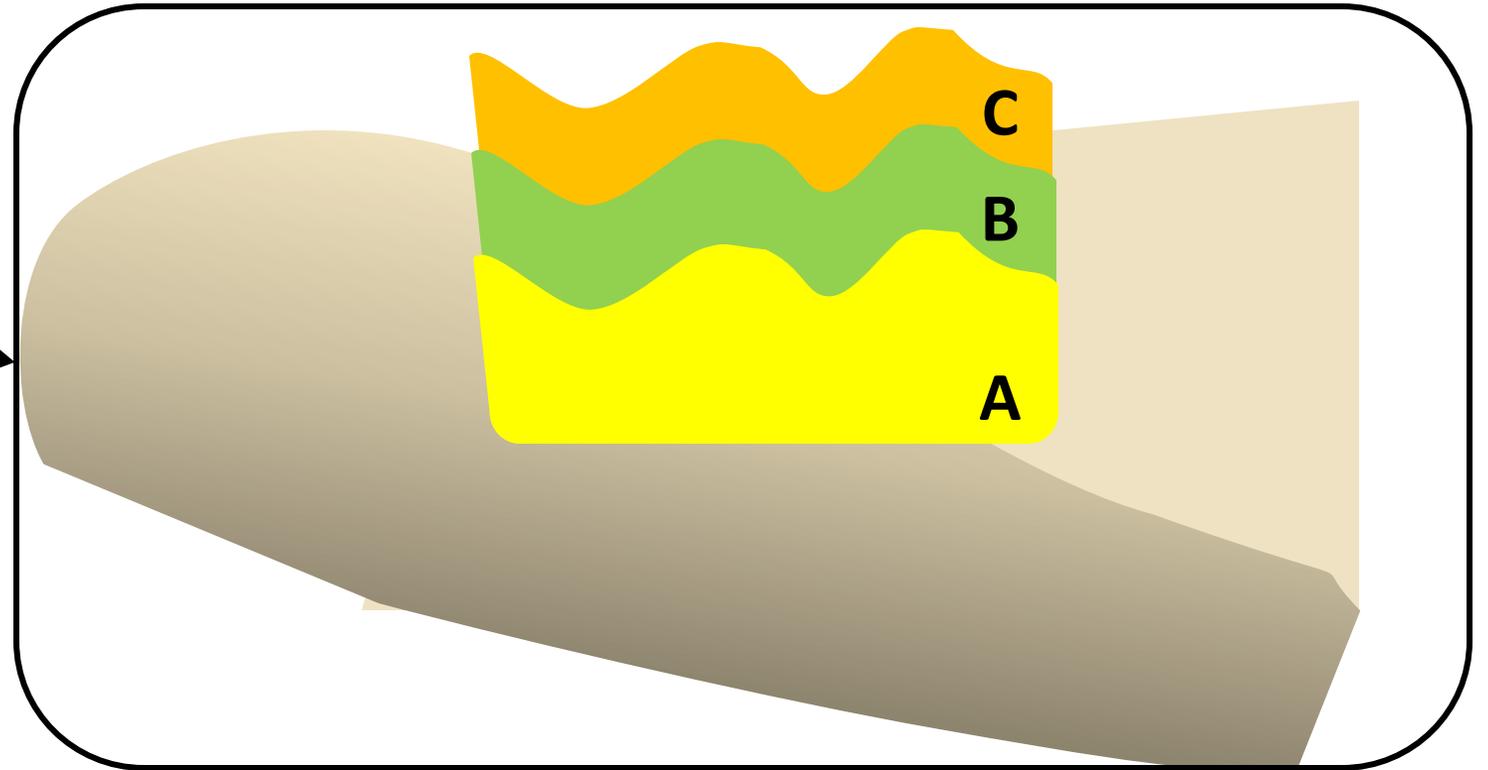
Subduzione e  
litificazione delle 3  
unità

# Stratigrafia

## Tempo 3 (50 Ma) inizio Orogenesi

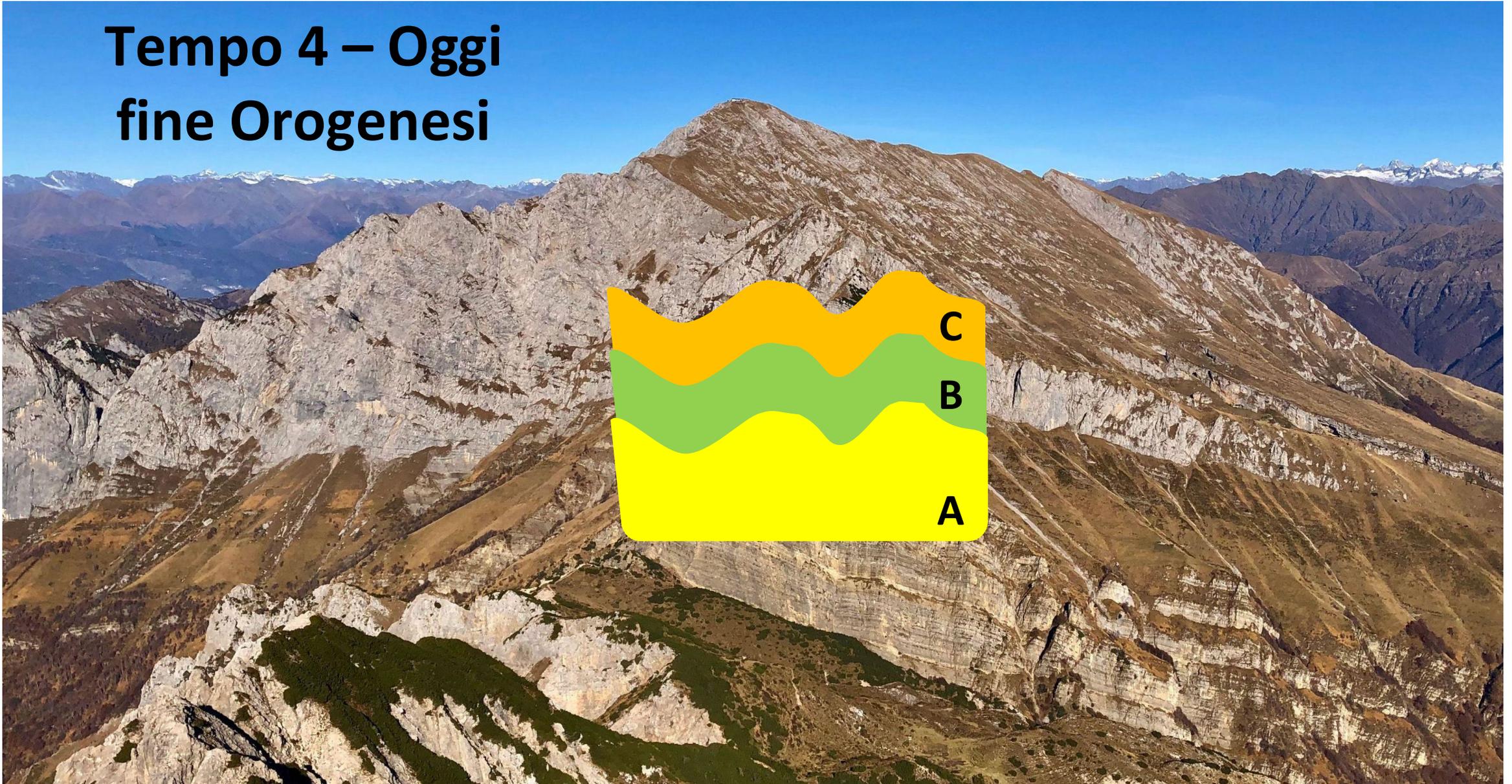


Deformazione delle 3 unità e formazione di una catena montuosa



# Stratigrafia

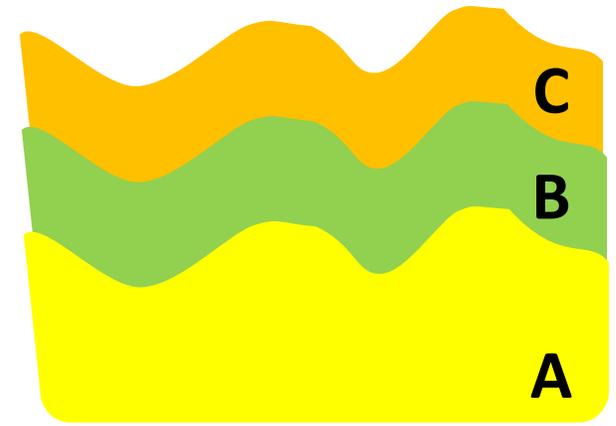
**Tempo 4 – Oggi  
fine Orogenesi**



# Stratigrafia

---

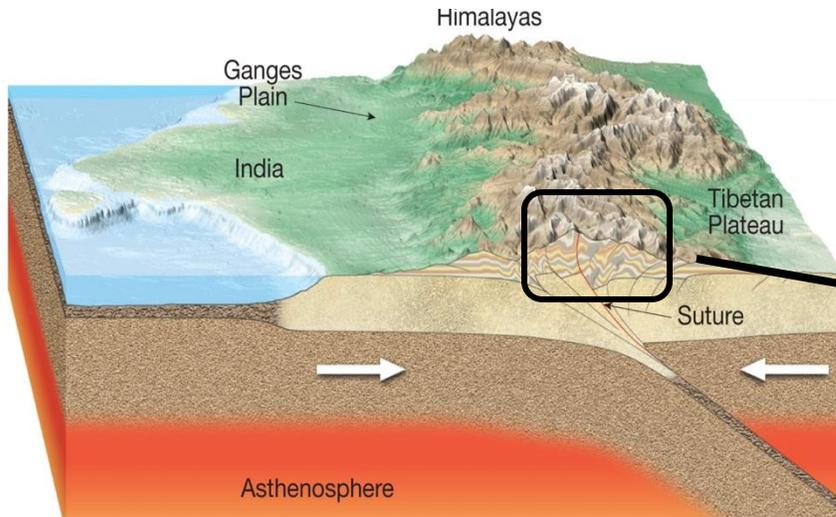
Quindi studiando le 3 unità A, B e C  
utilizzando i principi di stratigrafia e  
datando le rocce posso ricostruire 80  
Ma di storia della Terra in una  
determinata regione



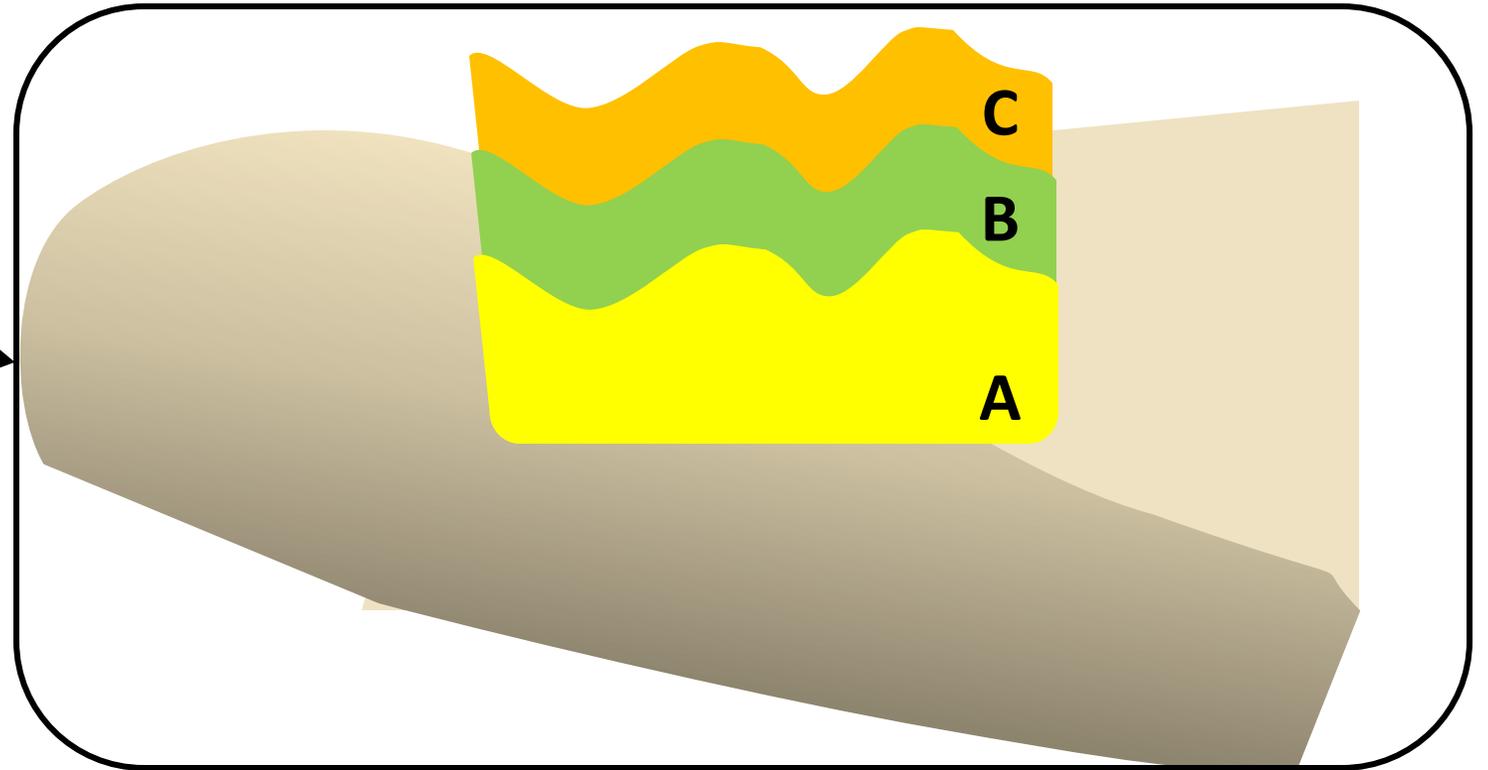
Ipotizziamo ora che il processo di formazione delle montagne (orogenesi) si sia concluso  
NON oggi ma 30 Ma fa.

# Stratigrafia

## Tempo 3 (50 Ma) inizio Orogenesi

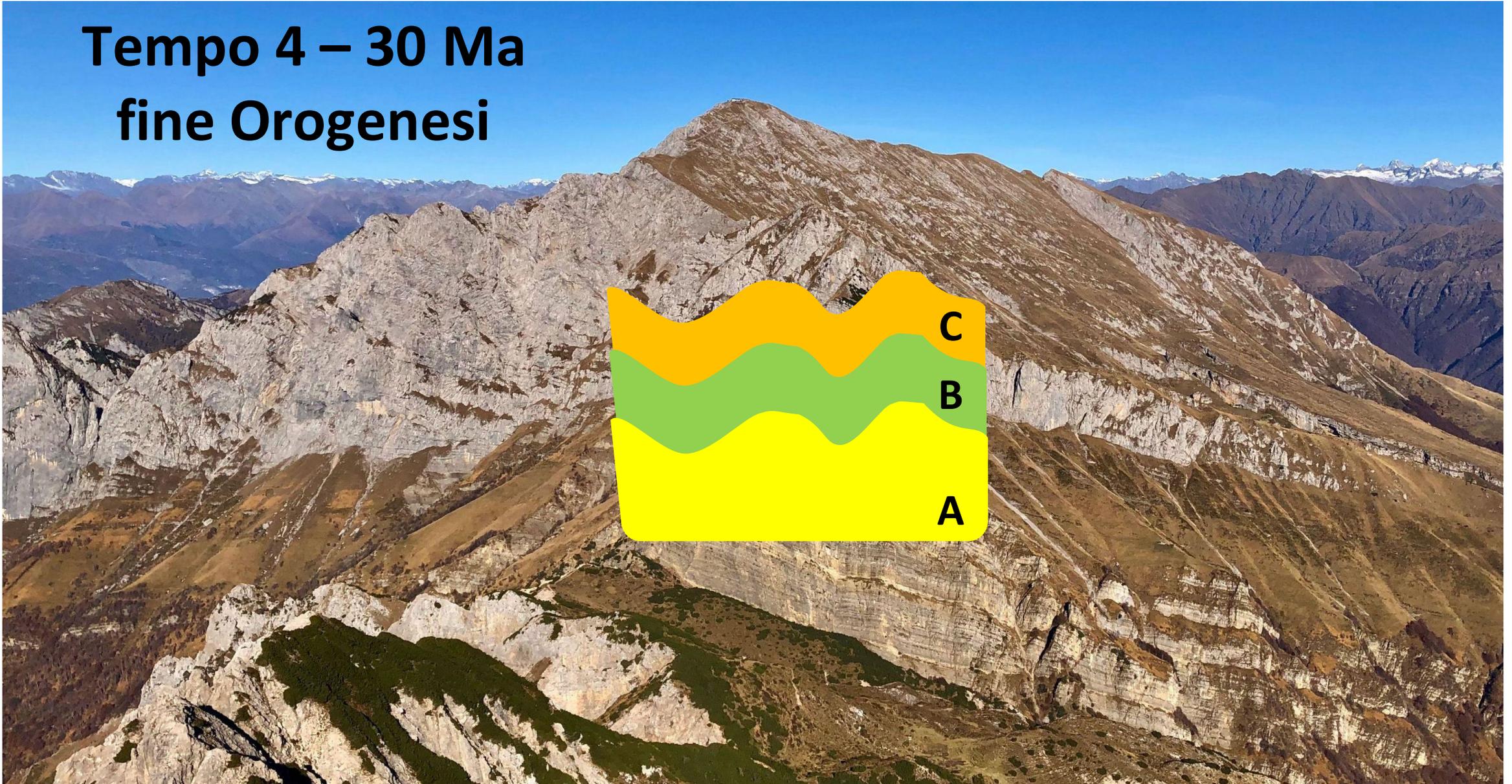


Deformazione delle 3 unità e formazione di una catena montuosa



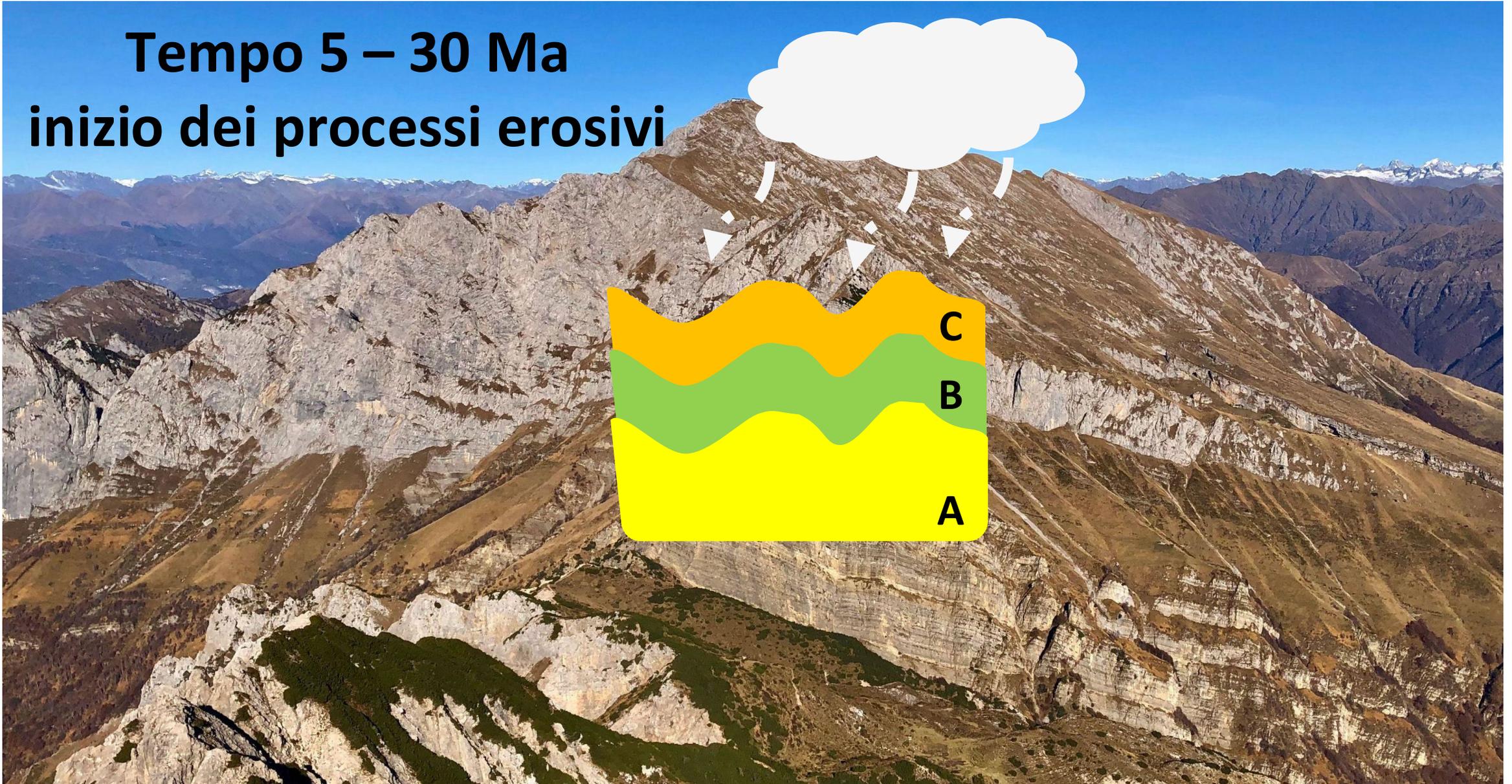
# Stratigrafia

**Tempo 4 – 30 Ma  
fine Orogenesi**



# Stratigrafia

**Tempo 5 – 30 Ma**  
**inizio dei processi erosivi**



# Stratigrafia

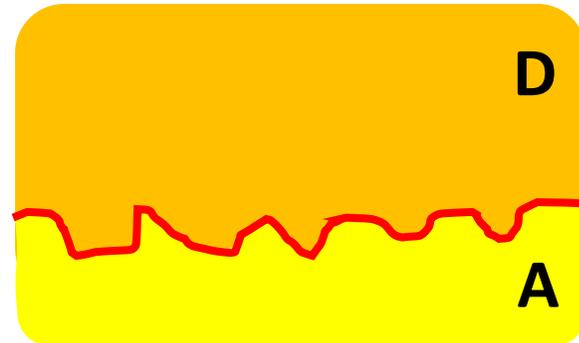
**Tempo 6 – 20 Ma  
i processi esogeni  
hanno eroso  
completamente  
l'unità B e C e parte  
di A**



**Tempo 7 – 10 Ma**

**Il mare trasgredisce sul continente ricoprendo l'unità A e  
nello stesso tempo abbiamo la deposizione dell'unità D**

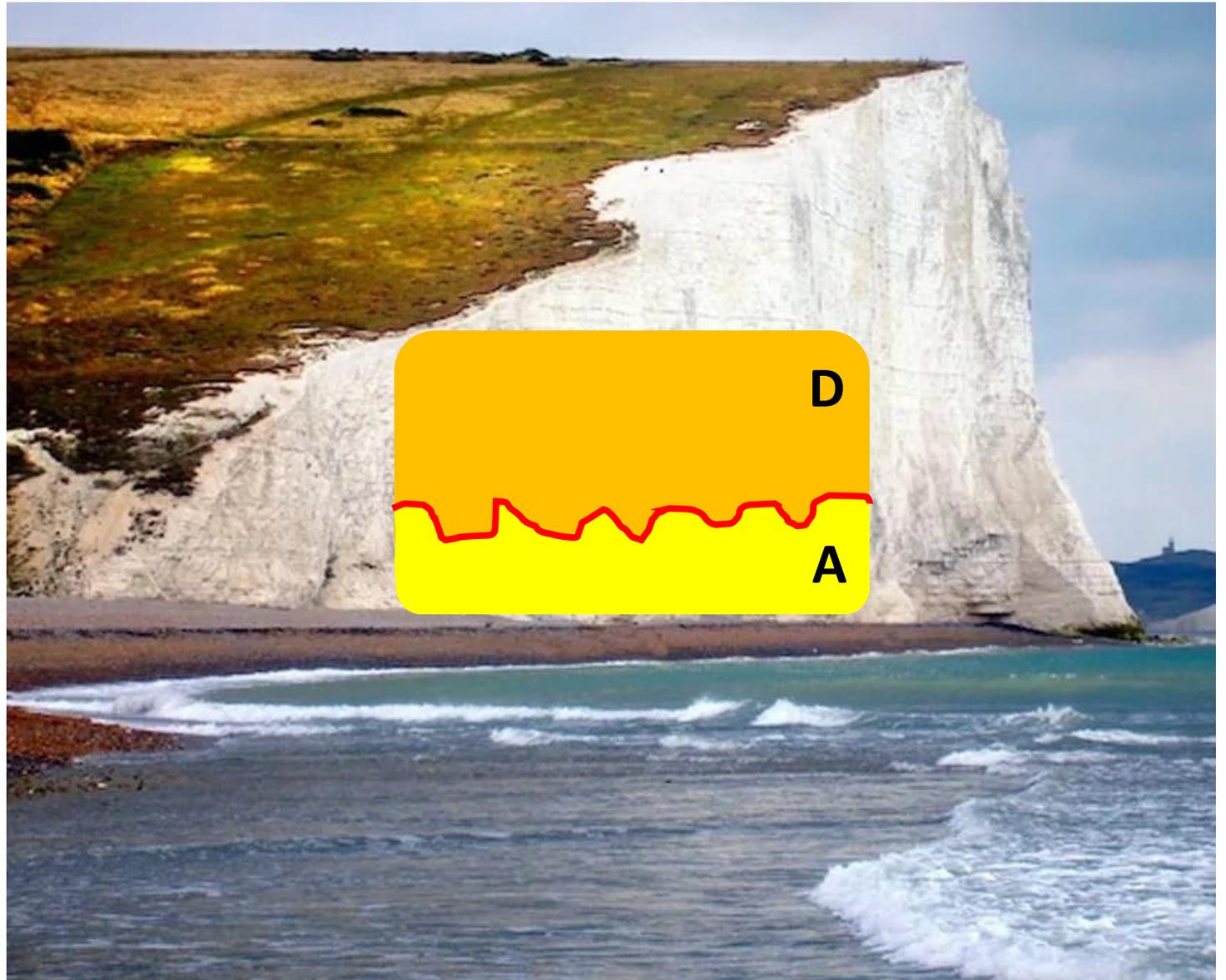
---



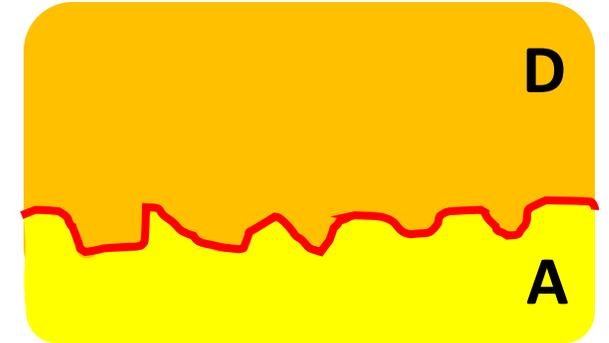
# Stratigrafia

**Tempo 8 – Oggi  
(passati altri 10  
Ma)**

**Se noi studiamo A  
e D quanto tempo  
NON è stato  
registrato tra A e  
D?**

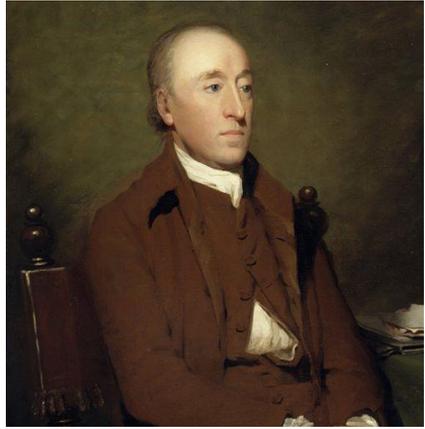


**Risposta: 70 Ma**

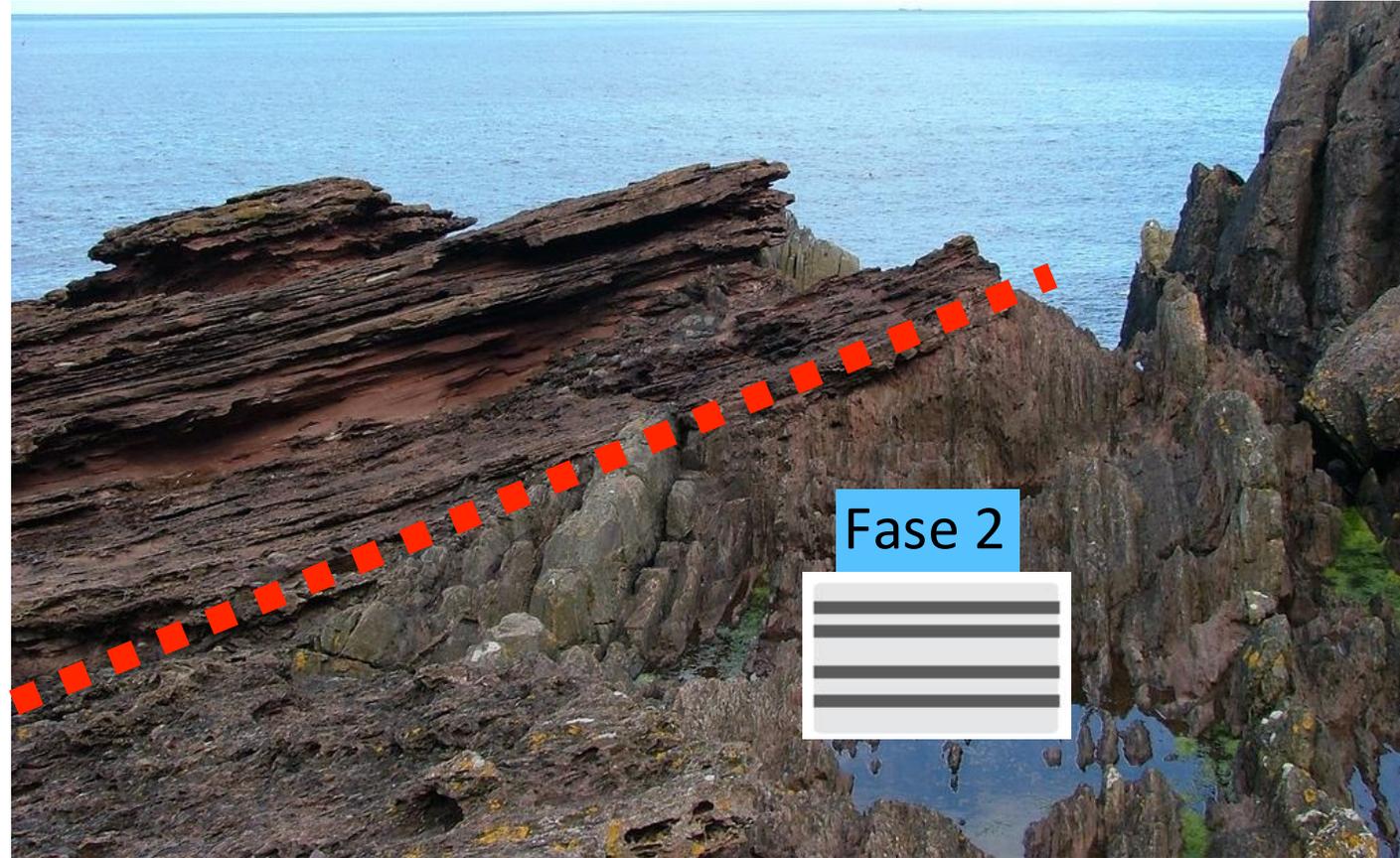


La discordanza, rappresentata dal contatto tra l'unità A e D (colore rosso) rappresenta quindi una superficie fossile di erosione, un vuoto nel tempo che separa i due episodi della formazione delle rocce A e D

# Stratigrafia

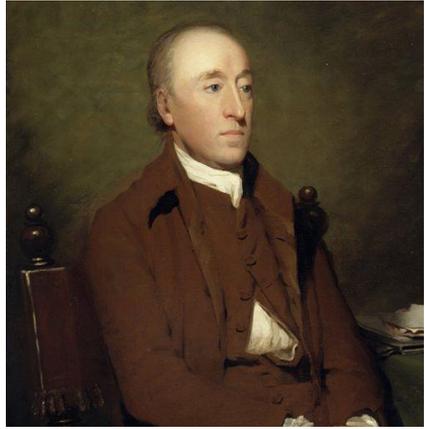


James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese



Nel tempo iniziale, gli strati più antichi sono stati depositi in maniera orizzontale sul fondo di un antico oceano e rappresentano la fase 2 di Hutton (la fase 1 di erosione non la rappresentiamo per comodità)

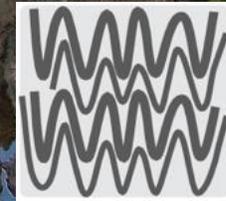
# Stratigrafia



James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese

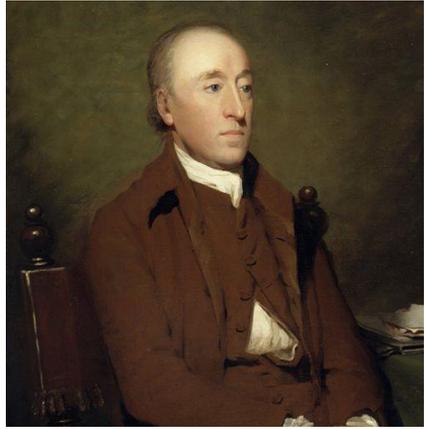


Fase 3-4

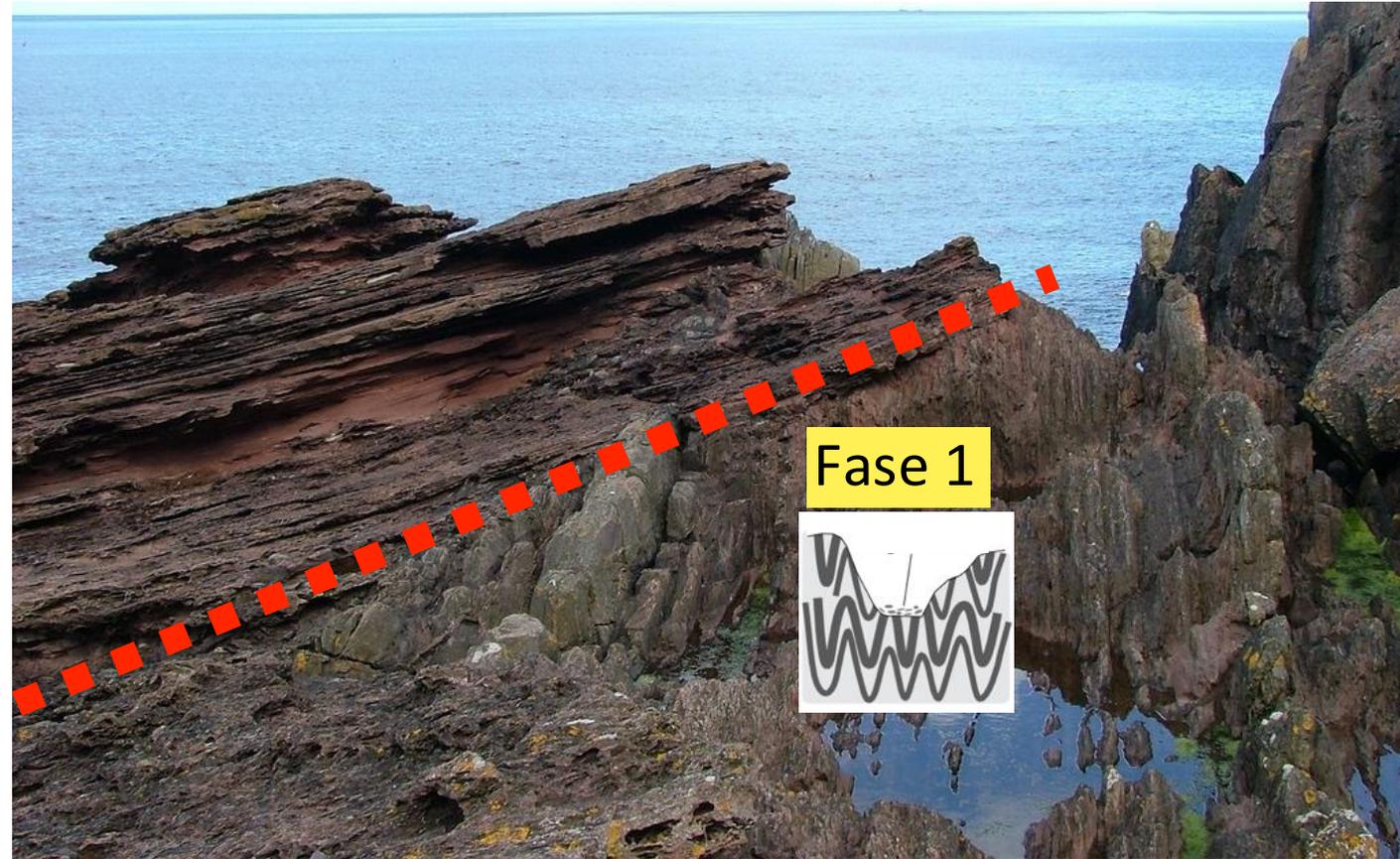


Poi passa il tempo e gli strati vengono deformati dalla compressione e dal calore e quindi fratturati e sollevati (Fase 3 e 4 di Hutton). Fine di 1 ciclo di Hutton

# Stratigrafia

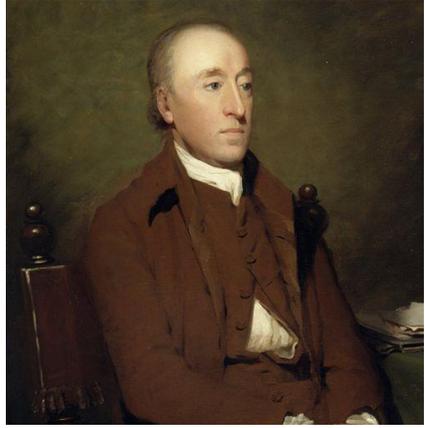


James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese



Quindi ricomincia un nuovo ciclo e una volta che gli strati sono stati sollevati ricomincia la fase 1 (erosione) e si forma la discordanza cioè una superficie fossile di erosione che rappresenta un vuoto nel tempo dove noi non abbiamo registrazione di quello che è successo.

# Stratigrafia



James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese



Poi con la fase 2 di Hutton gli strati nuovi i nuovi strati del nuovo ciclo vengono deposti in maniera orizzontale sul fondo di un antico fiume

# Stratigrafia

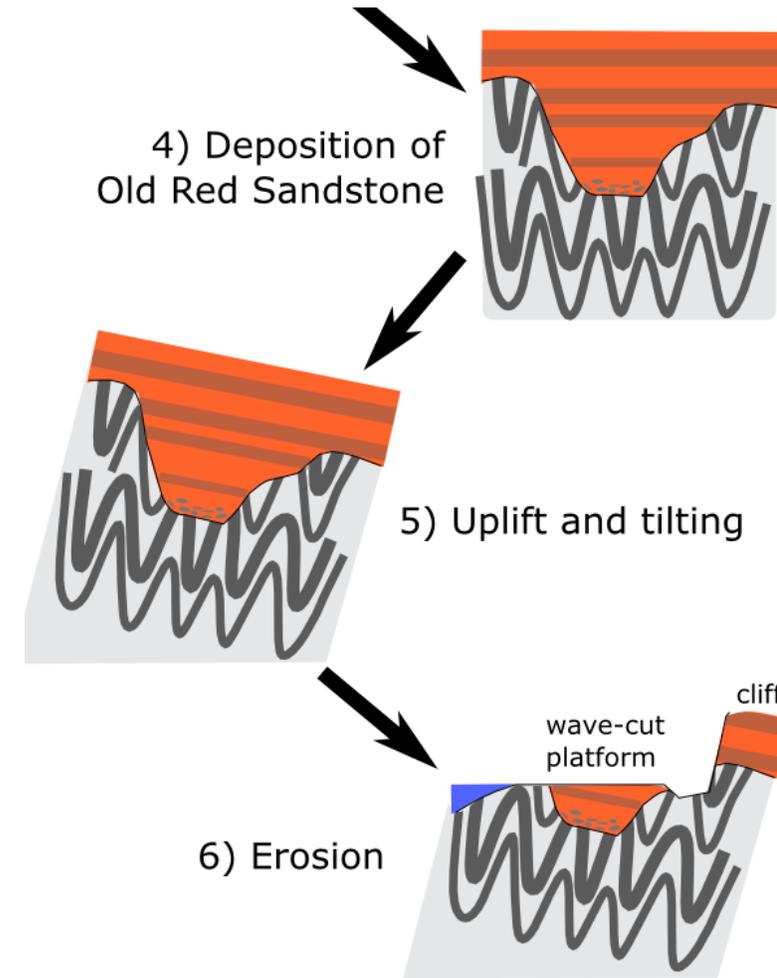
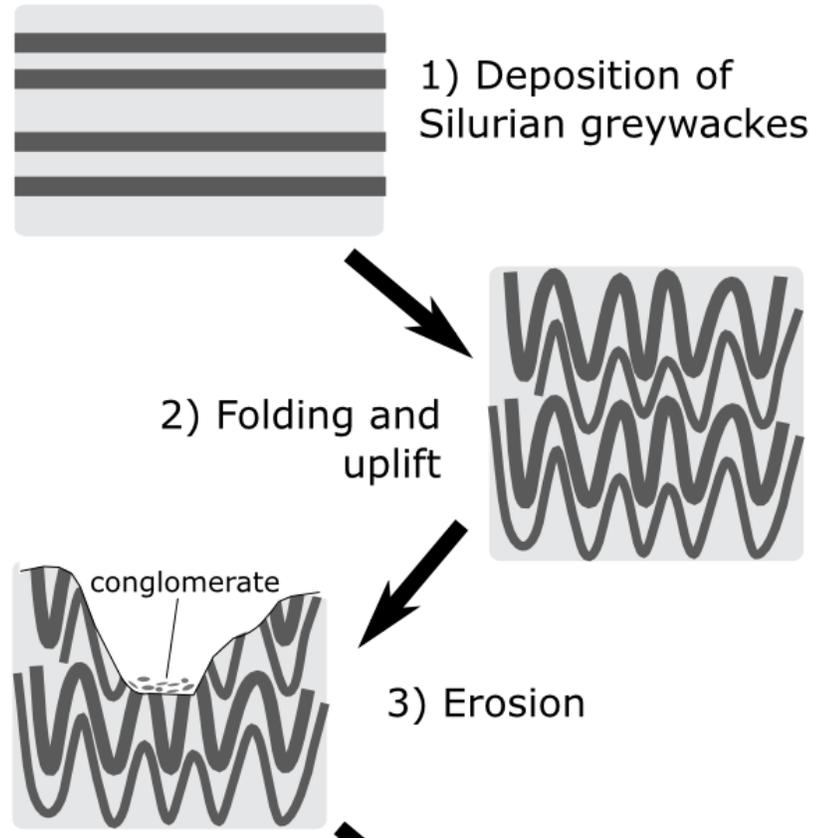


James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese



Ed ecco le nuove fasi 3 e 4 di Hutton e quindi finisce un altro ciclo

## The story of Siccar Point

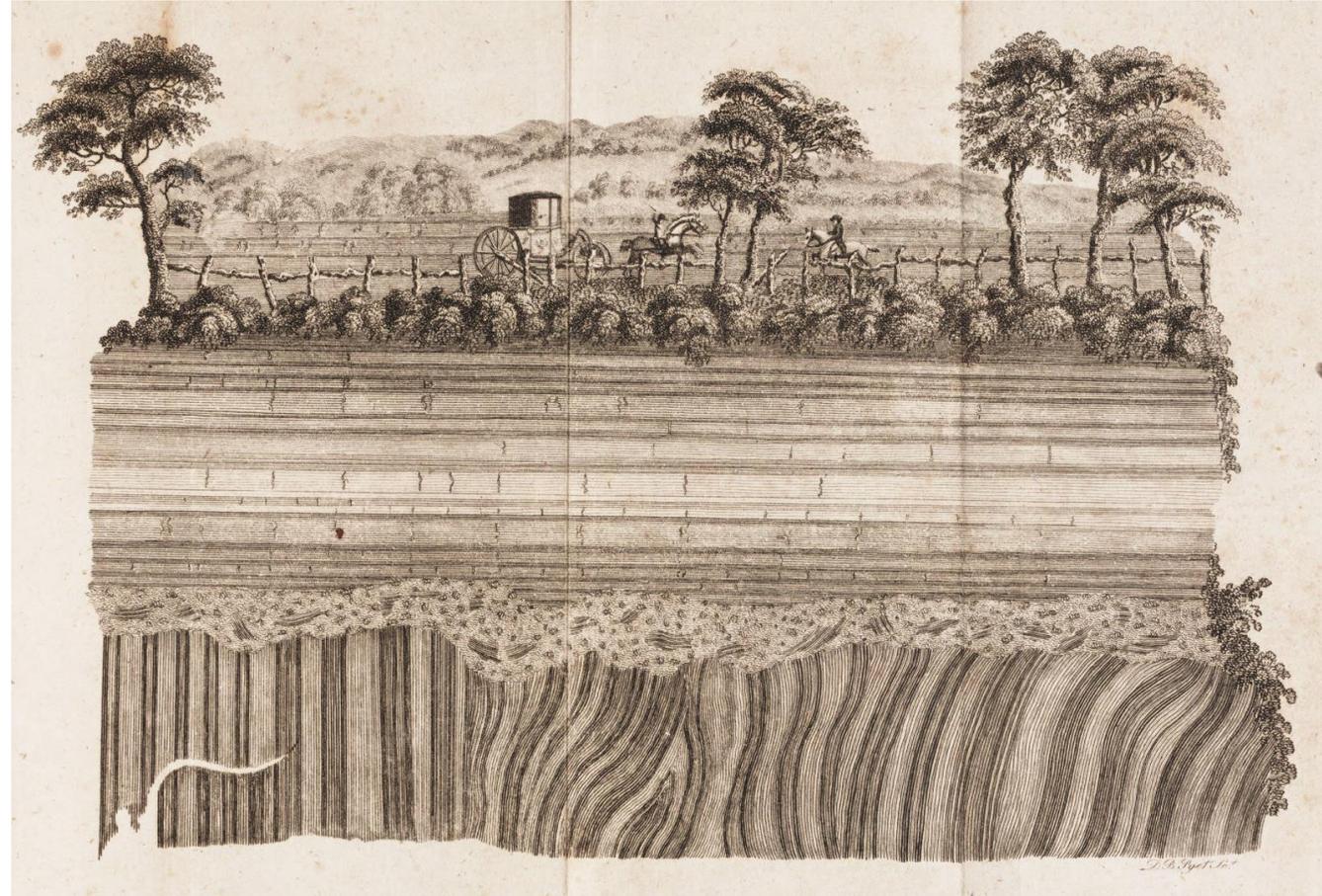


# Stratigrafia



James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese

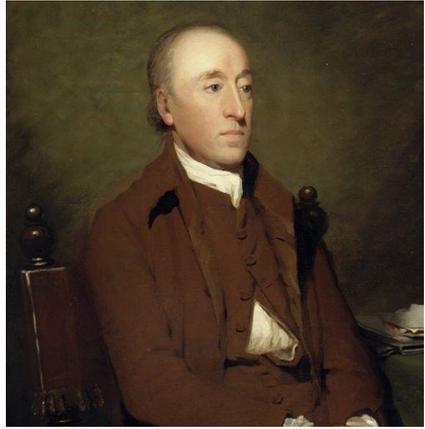
Quindi la legge fondamentale che ci  
ha lasciato Hutton è:



Il complesso panorama della storia può essere inferito dalla semplice geometria di elementi orizzontali sovrapposti ad altri verticali, una volta che si siano comprese le regole fondamentali della deposizione degli strati.

# Stratigrafia

---



James Hutton (1726 -  
1797)  
Intellettuale scozzese

Sicuramente la frase con cui termina il suo libro nel 1788 e la frase più famosa mai detta da un geologo:

*“Il risultato della nostra investigazione presente è perciò che non troviamo alcun vestigio di un principio né alcun indizio di una fine”*

“The result, therefore, of our present enquiry is, that we find no vestige of a beginning,—no prospect of an end”

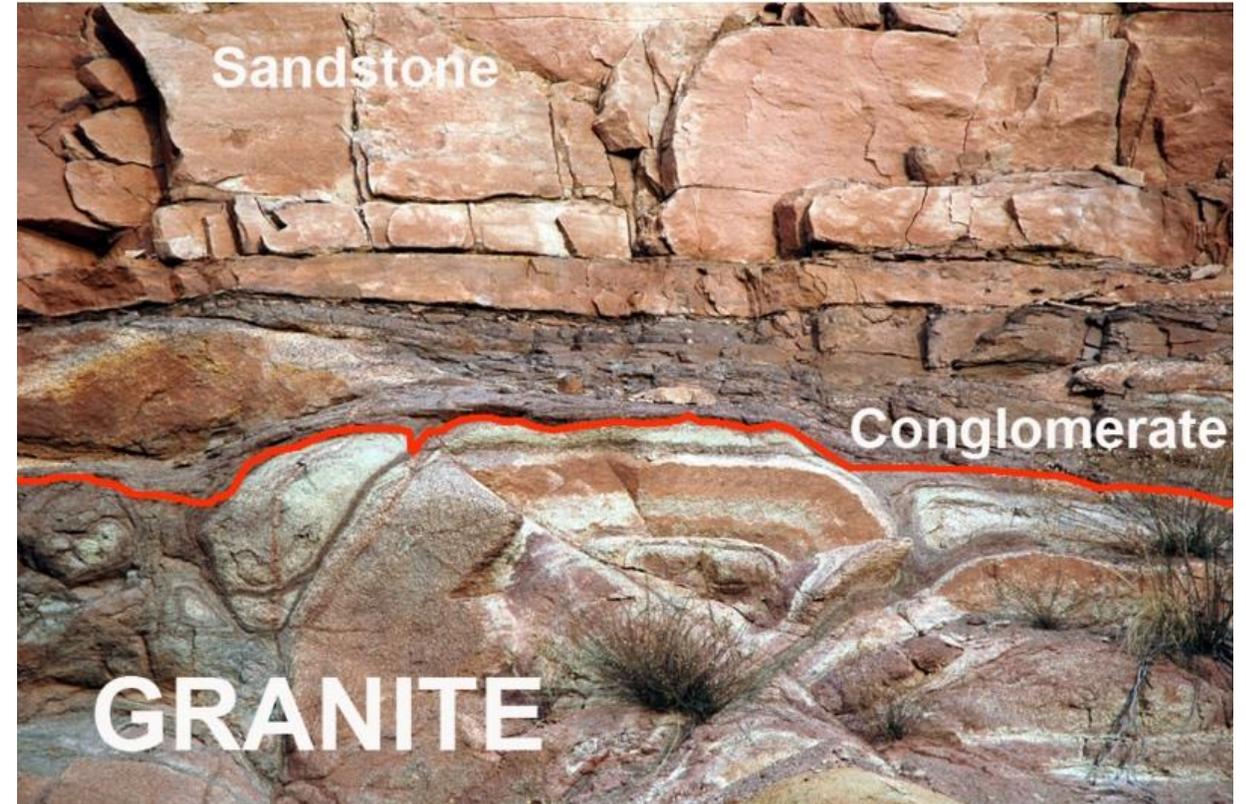
# Stratigrafia

---

## Classificazione delle discordanze

La superficie ondulata rossa formata durante l'erosione rappresenta la discordanza basale

### Discordanza basale (nonconformity).

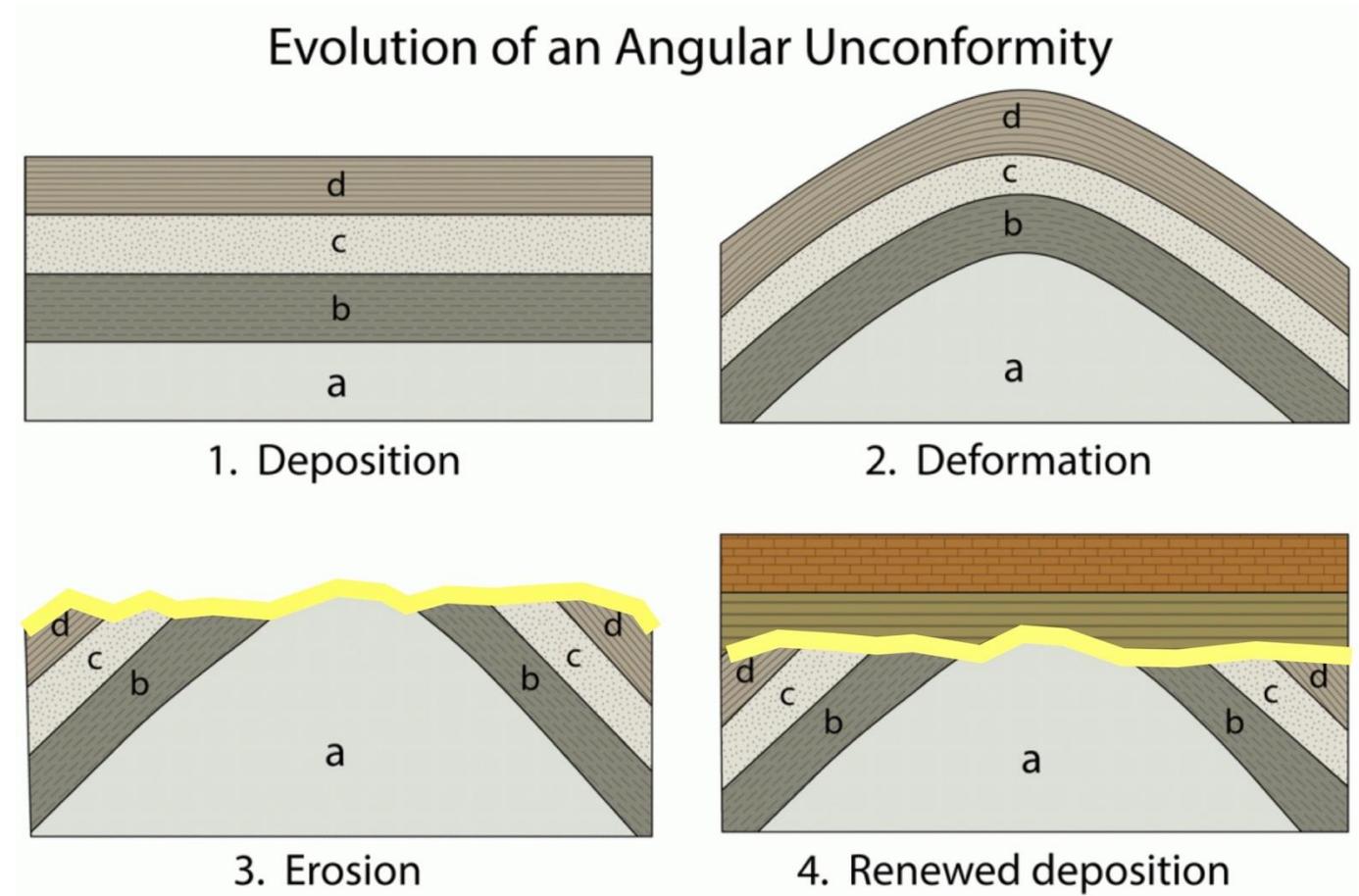


Il contatto tra rocce magmatiche e/o metamorfiche con rocce sedimentarie

## Classificazione delle discordanze

## Discordanza angolare

La superficie ondulata gialla formata durante l'erosione rappresenta la discordanza angolare



## Classificazione delle discordanze

La superficie ondulata gialla formata durante l'erosione rappresenta la discorformità

### Disconformità (disconformity).



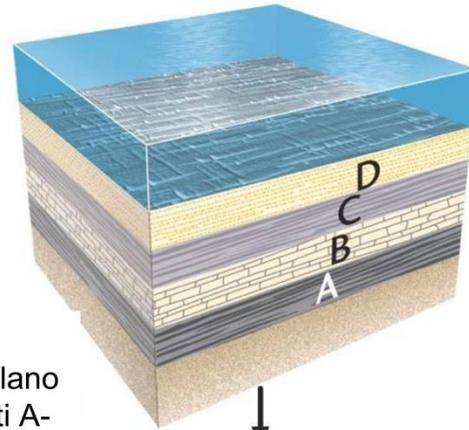
La discordanza tra 2 unità sedimentarie con la stessa giacitura piano parallela

# Stratigrafia

## Disconformità (disconformity).

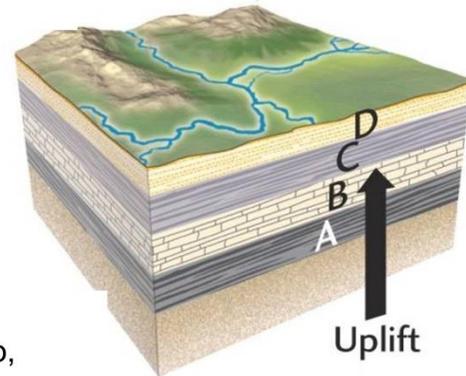
### TEMPO 1

I sedimenti si accumulano in fondo al mare (strati A-D).



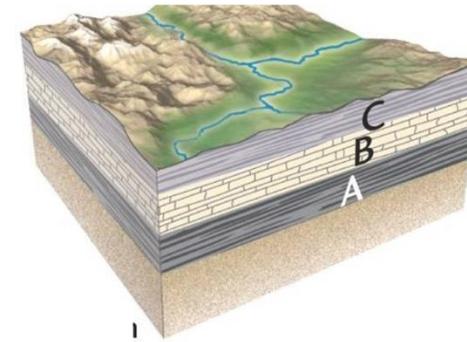
### TEMPO 2

Successivamente, un sollevamento tettonico, espone gli strati all'erosione.



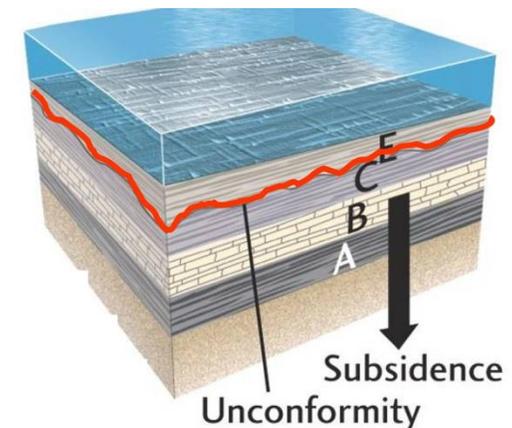
### TEMPO 3

l'erosione asporta lo strato D e parte del C, lasciando una superficie irregolare di rilievi e valli.



### TEMPO 4

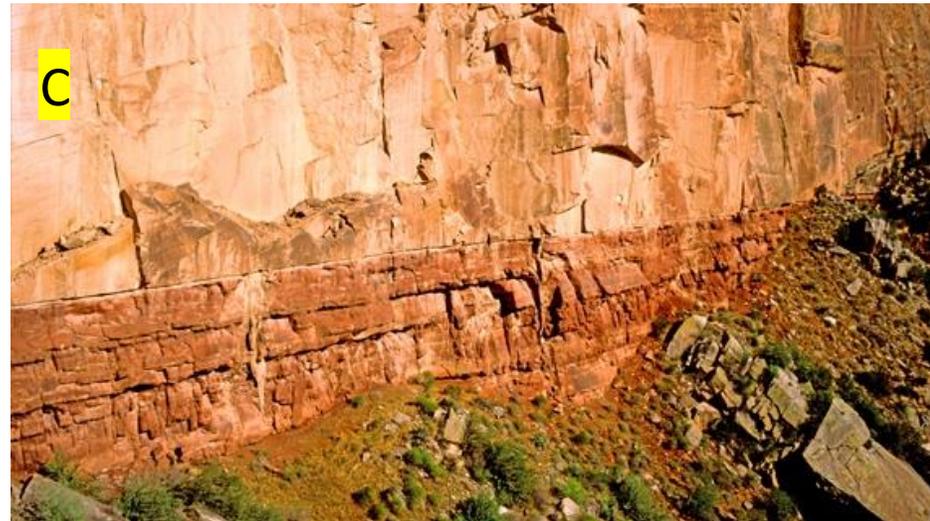
La subsidenza riporta il tutto in ambiente marino, permettendo la deposizione di un nuovo strato E, che si depone irregolarmente su C. La superficie irregolare tra C ed E è una



# Stratigrafia



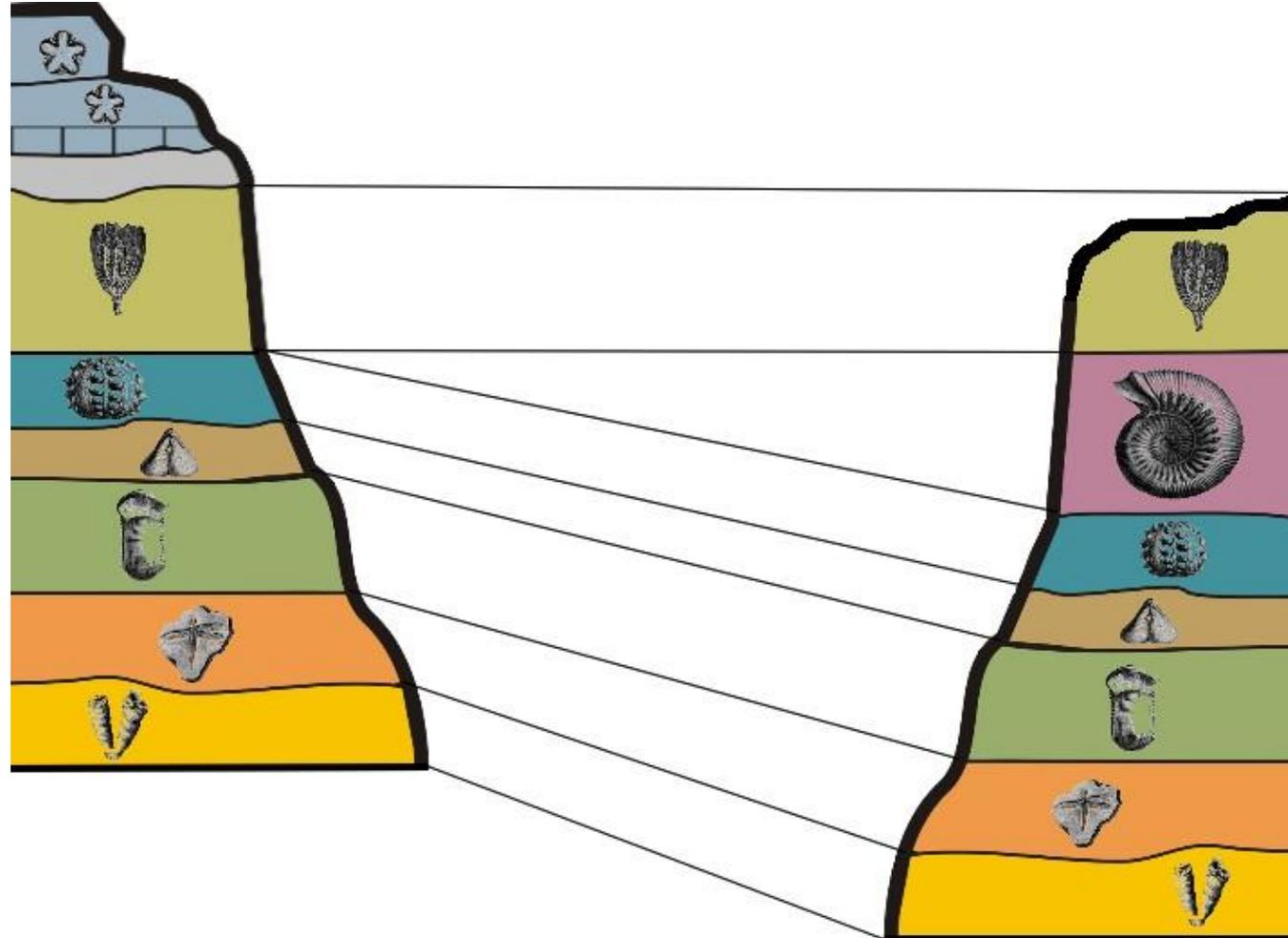
James Hutton (1726 - 1797)  
Intellettuale scozzese



## Discordanze (Unconformities)

- A. Basale
- B. Angolare
- C. Disconformità

**Dov'è la discordanza?**

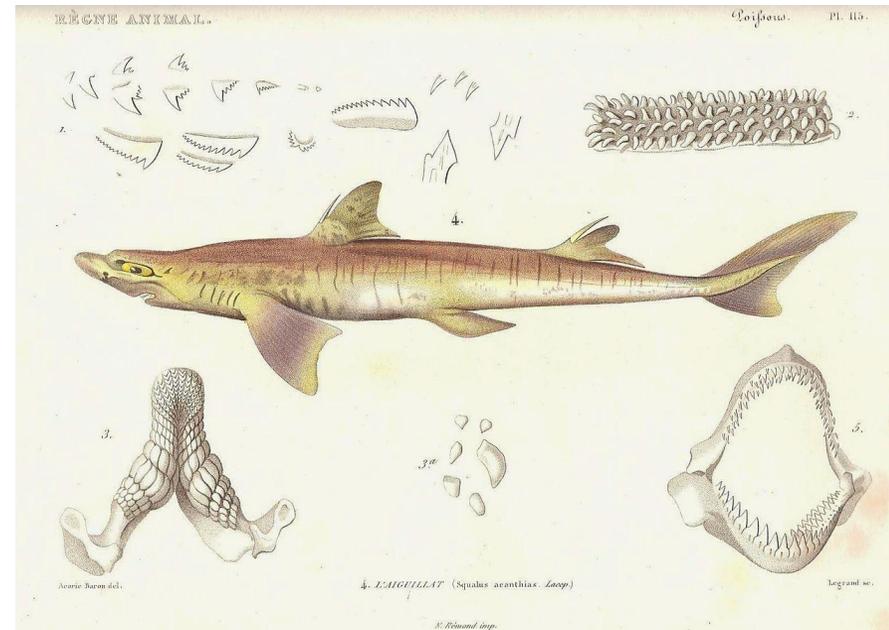
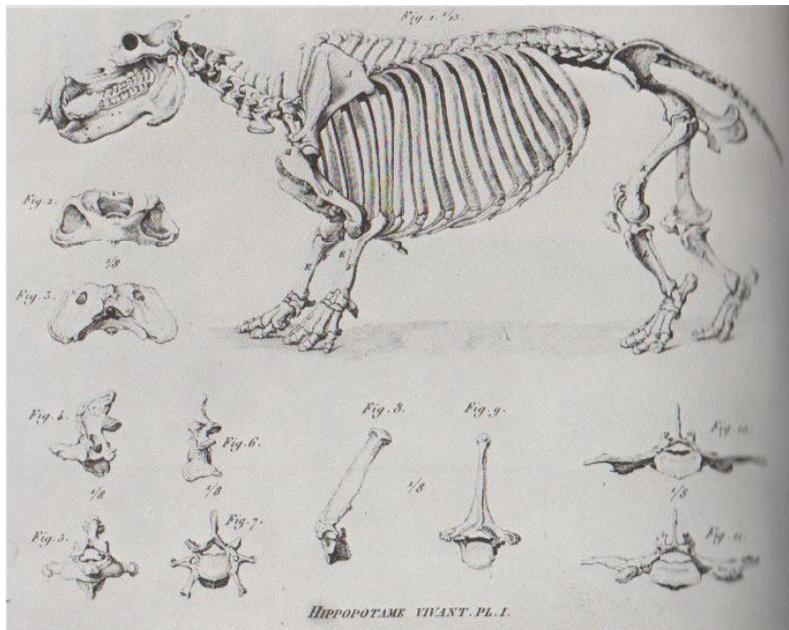


# Stratigrafia

**Georges Cuvier e la paleontologia moderna come scienza.** Egli si occupa in modo specifico dei vertebrati fossili, estinti e non, di cui riesce a ricostruire le forme grazie a profonde conoscenze di anatomia comparata e al principio dell'organizzazione degli esseri viventi, concepiti come sistema formato di parti correlate e interdipendenti.



Georges Cuvier  
(1769-1832).  
Naturalista,  
zoologo e biologo  
Francese





# Stratigrafia

La fossilizzazione è quell'insieme di processi che permettono la conservazione del resto, animale o vegetale, all'interno delle rocce.

Il ritrovamento di un fossile è un fenomeno RARO

**HOW FOSSILIZATION OCCURS**

### The Textbook Story, with a Twist

In the classic picture of how an animal becomes fossilized, the skin, muscles, guts and tendons degrade, leaving bones. Cells, proteins and blood vessels in bone degrade as well, and minerals from the surrounding sediment seep into the spaces left behind. Ultimately these create a solid composite with the minerals of the original bone. But cells, proteins and soft tissues found in various ancient bones show that fossilization does not always proceed in this way. Scientists do not understand exactly what sometimes allows organic substances to persist for tens of millions of years, but they have identified factors (highlighted in red) that may aid the preservation and recovery of these materials.

**Death**  
Animal dies in a setting where it somehow escapes scavengers.

**Burial**  
Carcass is covered with sediment before scavengers or weathering obliterates it, such as may happen when a river with a heavy sediment load washes over a floodplain.

**Deeper Burial**  
Repeated deposition of sediments over millions of years buries the carcass far below the surface, where minerals from groundwater filter into the bones.

**Exposure**  
Movements of the earth's crust uplift the sedimentary layers that contain the fossilized remains, and erosion exposes them, making them accessible to fossil hunters.

**Early Discovery**  
In contrast to the typical look of fossilized bone under a microscope, a slice of a T. rex bone viewed by the author contained structures resembling blood cells.

*Sandstone sediments in particular seem to protect against complete loss of organic remains, possibly because the porous sands allow the corrosive fluids that form during decomposition to drain away.*

*Deep burial (but not so deep that soft tissues are thermally altered) may promote preservation because it protects against oxidation, changes in pH and temperature, and exposure to ultraviolet radiation. Eventually the animal comes into chemical equilibrium with the underground environment, which may be key to preservation.*

*Minimizing exposure of the fossil to the atmosphere during excavation may help protect fragile organic molecules from contamination and degradation; analyzing the fossil for organics promptly after it has been excavated may boost chances of recovering these materials.*

# Stratigrafia

Stella marina (Lecco)



Impronte dinosauri (Rovereto)



Ammoniti (Verona)



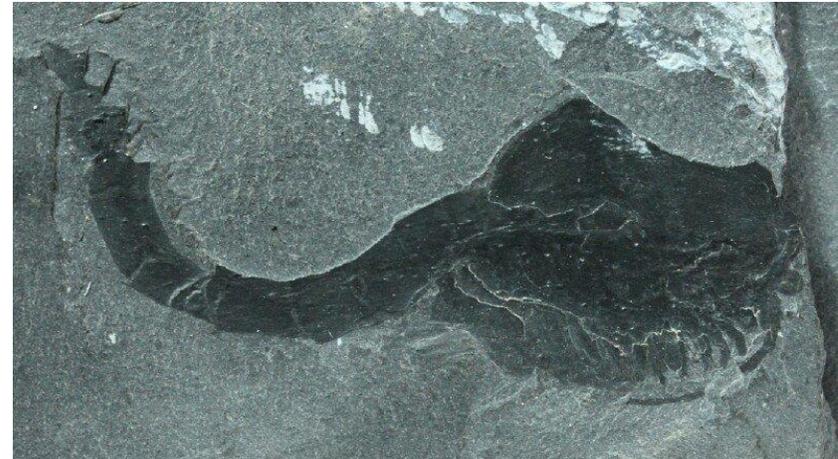
Scipionyx samniticus (Benevento)

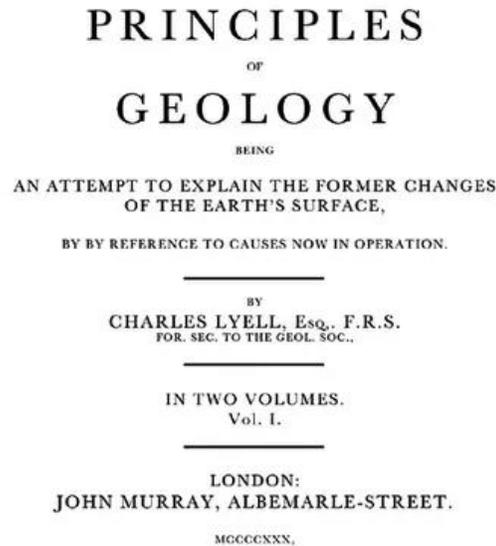


# Stratigrafia

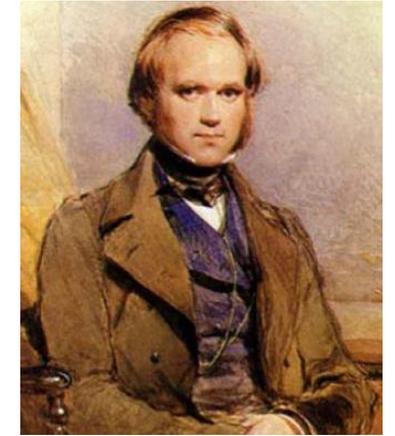
---

## I fossili di Burgess Shale (Montagne rocciose, Canada)





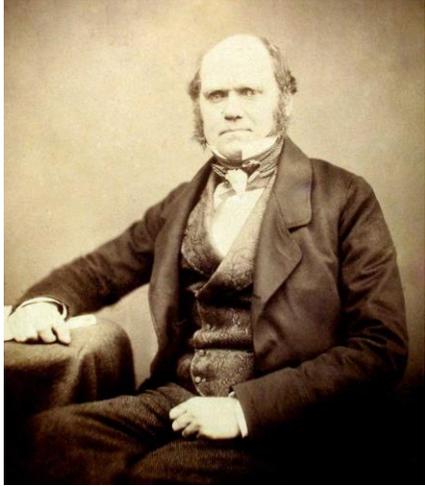
## Charles Lyell fondatore della geologia moderna



Charles Lyell  
Geologo scozzese  
(1797 - 1875)

**Nella sua opera Principles of Geology (1830-1833) Lyell utilizzò la teoria dell'attualismo (di Hutton) per spiegare i fenomeni geologici passati.**

**Secondo la teoria i fenomeni geologici avvenuti nel passato possono essere spiegati osservando quelli che operano attualmente, i quali obbediscono alle stesse leggi fisiche.**



Charles Robert Darwin  
(1809-1882)  
Geologo e naturalista  
Inglese

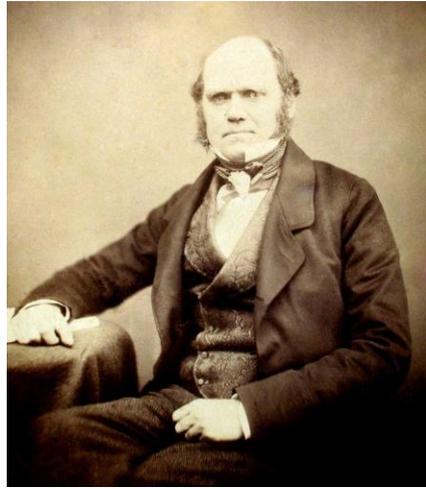
**Con Charles Darwin e la teoria dell'evoluzione l'età della Terra si estese ai milioni d'anni.**

**Darwin capì che si potevano usare i fossili per ricostruire la storia della Terra (estinzioni e comparse di organismi).**

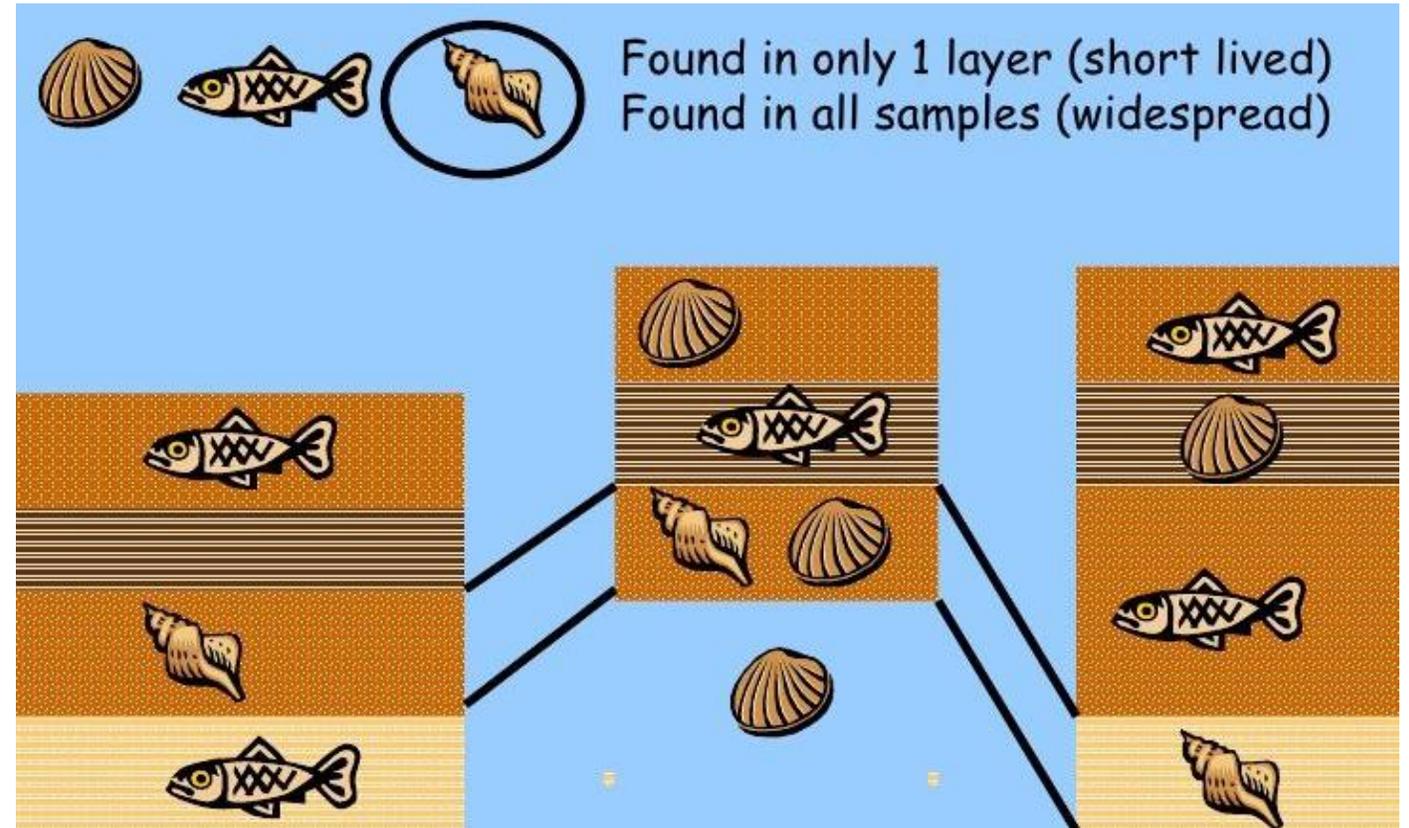
**Darwin calcolò in ~300 milioni di anni solo il tempo necessario per la formazione di una regione in Inghilterra.**

Nel suo viaggio intorno al mondo (1831-1836) Darwin portò con sé una copia del volume dei Principi di Geologia di Lyell e ne riconobbe l'utilità per le sue concezioni. Infatti, incorporò nella sua teoria molte idee di Lyell e Hutton

# Stratigrafia



Charles Robert Darwin  
(1809-1882)  
Geologo e naturalista  
Inglese



**Fossile guida:** organismo che ha avuto una limitata distribuzione nel tempo (“vita breve”) ma un’ampia diffusione nello spazio.

**FONDAMENTALI per le datazioni**

# Stratigrafia

