

Docente  
Prof. Aldino Bondesan

# Geomorfologia eolica

---



# Geomorfologia eolica

---

Argomenti trattati in questa lezione:

- Trasporto eolico
- Dust e sand storm
- Forme di deflazione
- Forme di corrosione
- Loess
- Classificazione delle dune
- Flash flood
- Sebkhas / playas

# Trasporto eolico

Avviene prevalentemente per sospensione e per saltazione;

Per saltazione: sabbie (diametro frequente tra 0,1 e 0,2 mm)

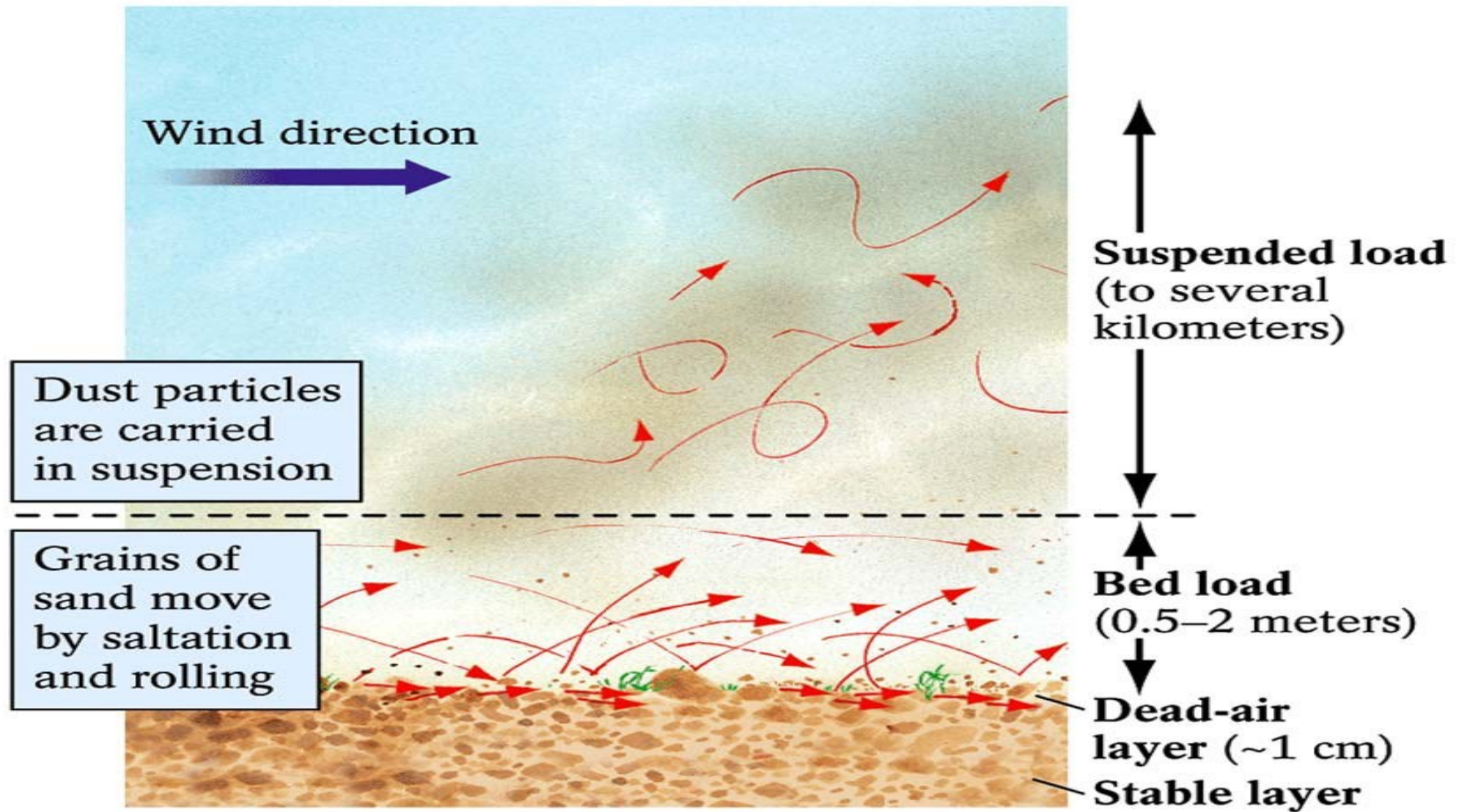
In sospensione: polveri (diametro frequente tra 20 e 50  $\mu\text{m}$ )

Minore influenza del trasporto per rotolamento e per reptazione (=spinta in avanti dovuta agli urti di altre particelle)

Dipende da peso specifico, dimensioni e forma delle particelle e dal vento







(a)



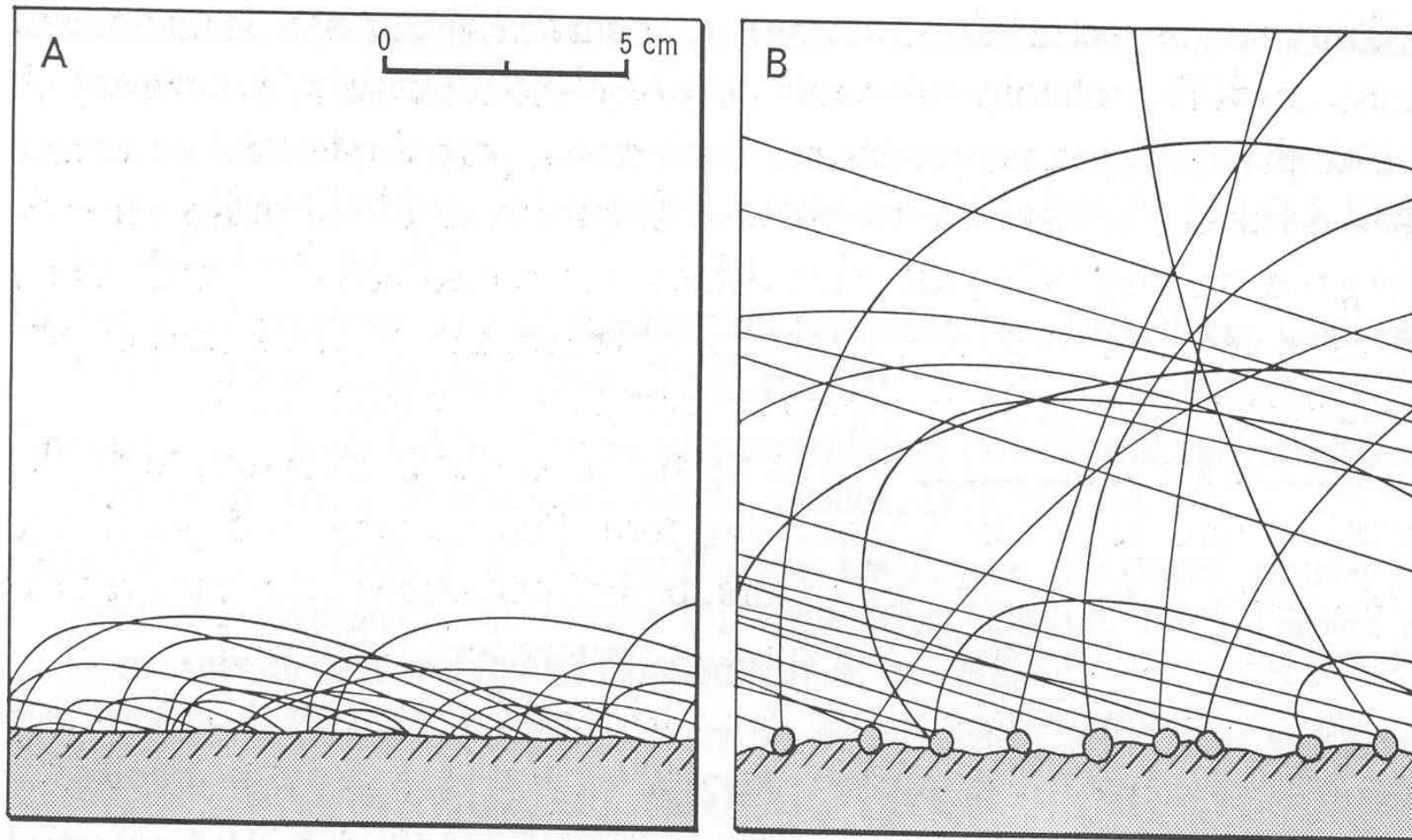
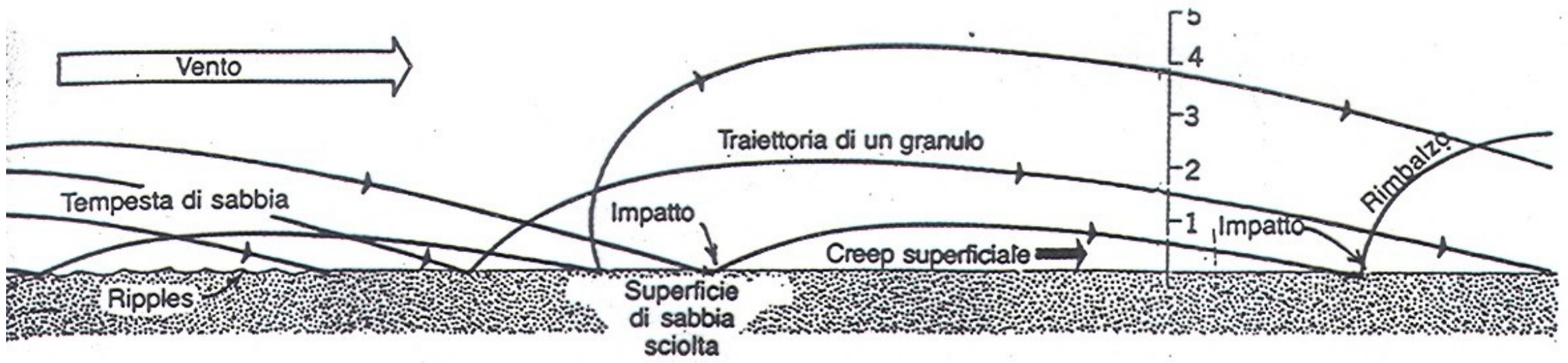


Fig. 12.1. Trasporto per « saltazione » dei granuli di sabbia spinti dal vento (secondo esperienze in laboratorio, da R. A. BAGNOLD, *The physics of blown sand and desert dunes*, Ed. Chapman & Hall Ltd).

A. Traiettorie sopra fondo sabbioso uniforme; B. Traiettorie sopra fondo con ciottoli.



# Dust e Sand Storms

---

Sand storms: solo vicino alla superficie



Dust storms: salgono a migliaia di metri di quota





# Sand storm



# Tempeste di polvere

---

- L'effetto delle tempeste di polvere di solito non è evidente.
- Non si generano forme specifiche.
- Solitamente rimane solo un sottile strato di sedimenti eolici fini, uniformemente distribuito.





FIGURE 12.16 The "Dust Bowl" during the 1930s. A dust cloud approaches Springfield, Colorado at 4:47 p.m. on May 21, 1937. Total darkness lasted some 30 minutes.



# Dust storm

Dust Storm:

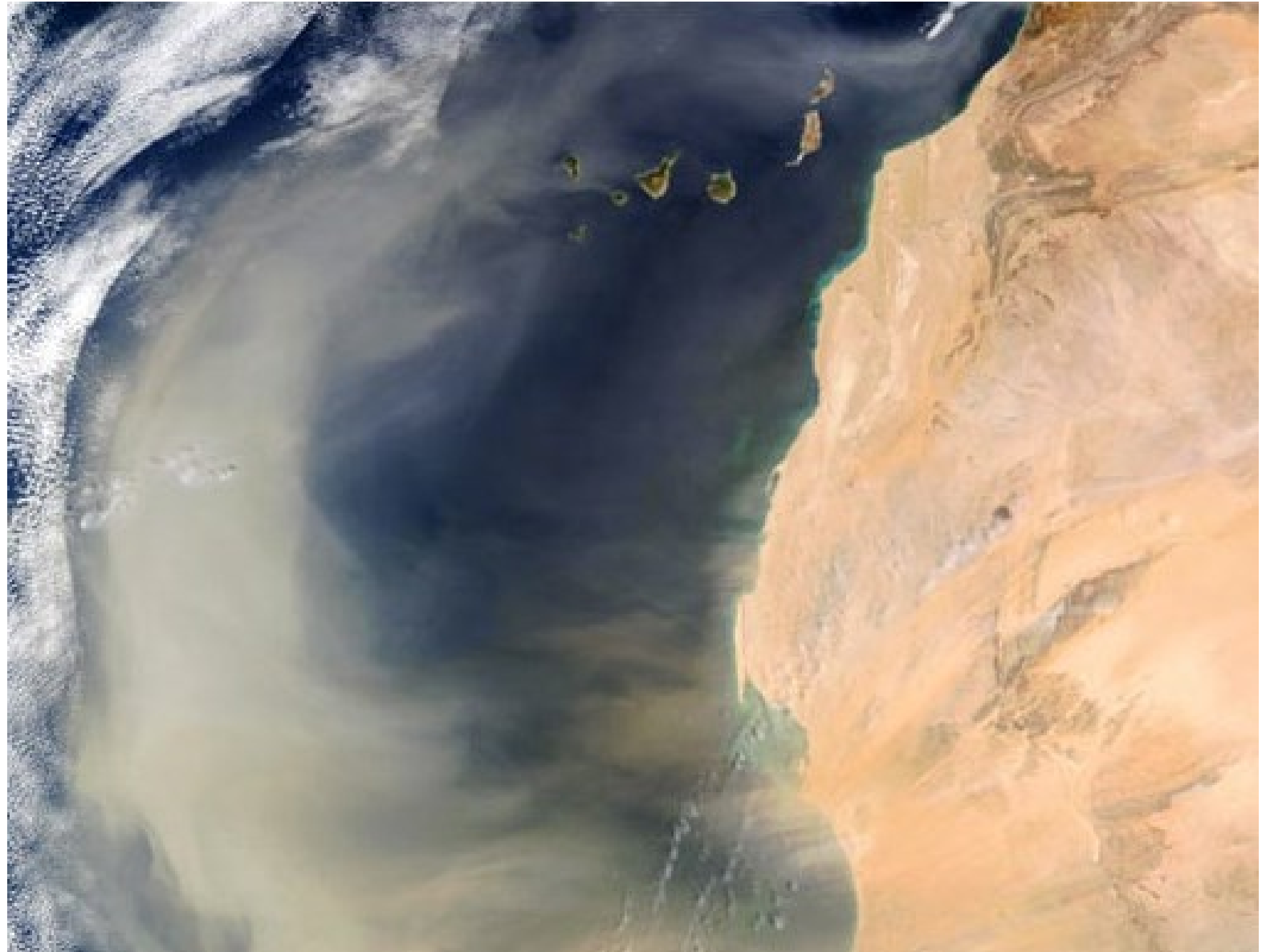
<https://www.youtube.com/watch?v=3glyRZLZARO>



Photo [Jerry Ferguson](#) (Phoenix, Arizona)  
<https://petapixel.com/2018/08/04/this-massive-dust-storm-was-shot-from-a-fleeing-news-helicopter/>

# Dust storm

Dust storm sull'Oceano Pacifico proveniente dal Marocco



# Pennacchi di sedimenti fini trasportati dal vento in area costiera

---





# Forme di deflazione

---

Deflazione= prelevamento di sedimenti granulari dalla superficie e azione di trasporto esercitata dal vento.

Requisiti: presenza di: 1) vento; 2) sedimenti non coesivi

Le forme derivanti prendono il nome di forme di deflazione.

La deflazione si manifesta in maniera selettiva e porta alla formazione di un PAVIMENTO DI DEFLAZIONE o DESERT PAVEMENT.

Si forma il SERIR (Est Sahara) o REG (Ovest Sahara).

Negli ambienti aridi si formano conche e bacini di deflazione (DEIR)

**Erg- sabbioso**



**Serir - ciottoloso**



**Hamada - roccioso**





Erg (Grand Sand Sea)



Serir

Deserto ciottoloso





Serir

Deserto ciottoloso



Adrar Reg (Mauritania)

*Creata: 31 dicembre 2009 CC BY-SA 3.0 – Foto Ji-Elle*



# Hamada (o Hammada)

Deserto roccioso



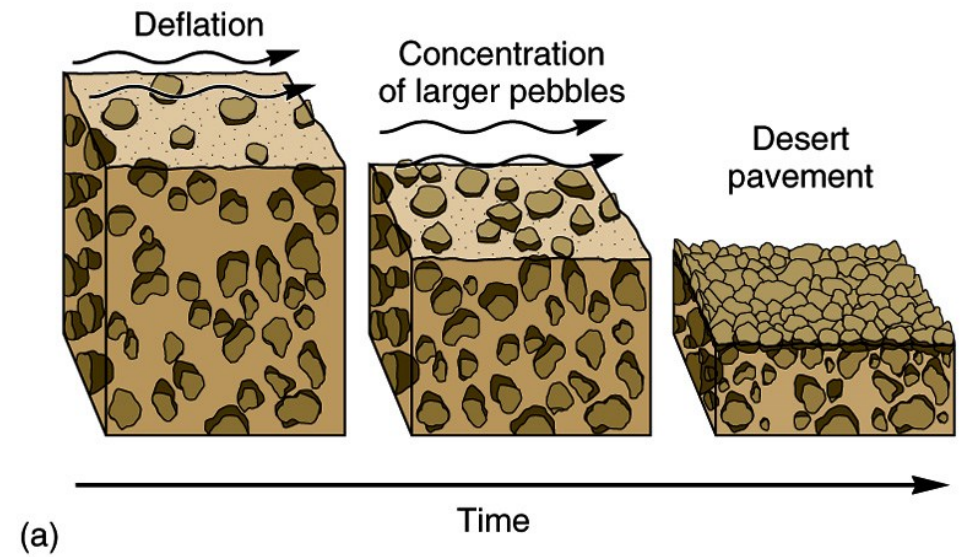


# Hammada





# La formazione del *Desert pavement*









Desert pavement



# Desert pavement



Desert pavement, South Fork from the Dais Pass, looking West. Upper Wright Valley, Antarctica

<https://www.flickr.com/photos/10050552@N05/24426933543/>, foto Pierre Roudier, 23 January 2016





# Forme di corrosione

---

**Corrosione:** azione di erosione del vento, generalmente su rocce poco coerenti, per effetto del trasporto di particelle solide che colpiscono violentemente le superfici

L'erosione si manifesta fino a qualche metro da terra (limite di altezza della saltazione)

Forme di corrosione:

- alveoli;
- fenomeni di smerigliatura e levigatura di pareti rocciose;
- ventifacts (ciottoli sfaccettati);
- forme a fungo ("fungo di roccia" - Toadstools), finestre, archi,...;
- yardang

Forme di  
corrasione eolica

Pilastro di roccia



# Ciottoli sfaccettati o ventifacts

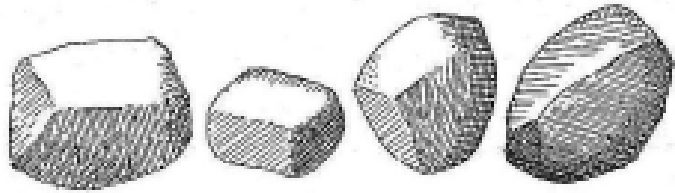


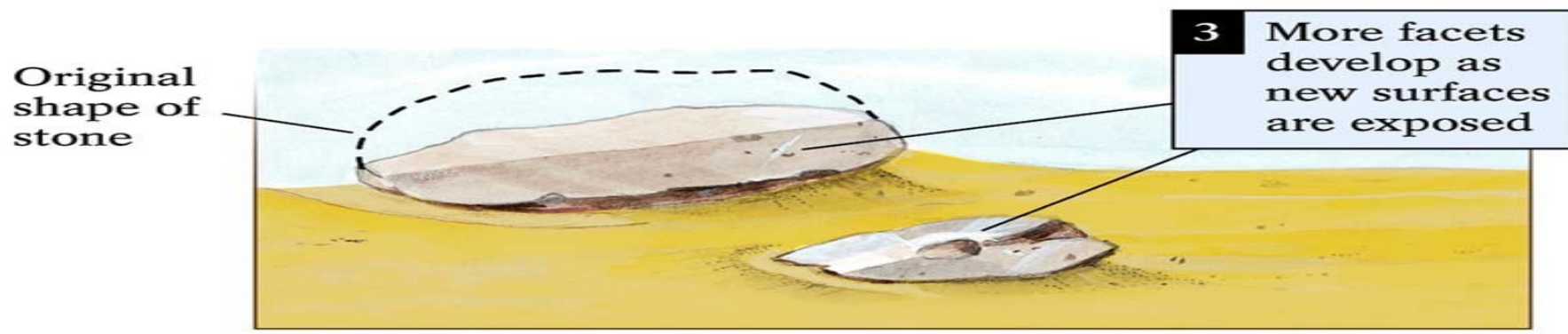
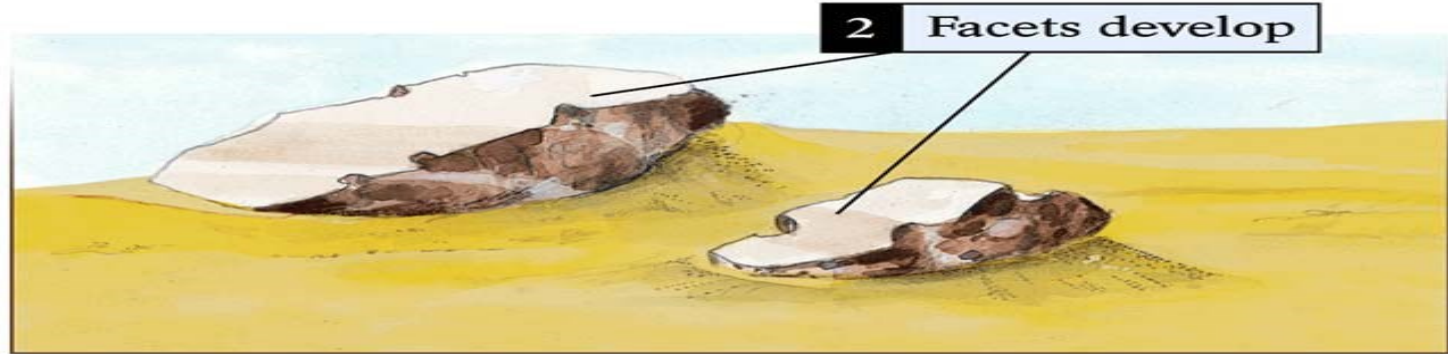
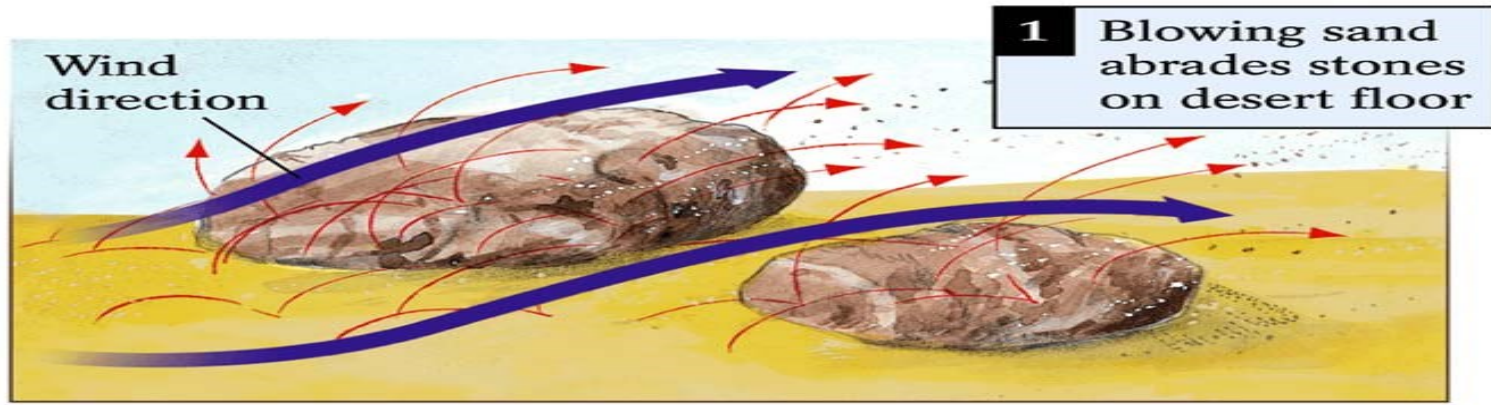
Fig. 12.2. Esempi di *ciottoli sfaccettati*.



Angoli da 30° a 60°

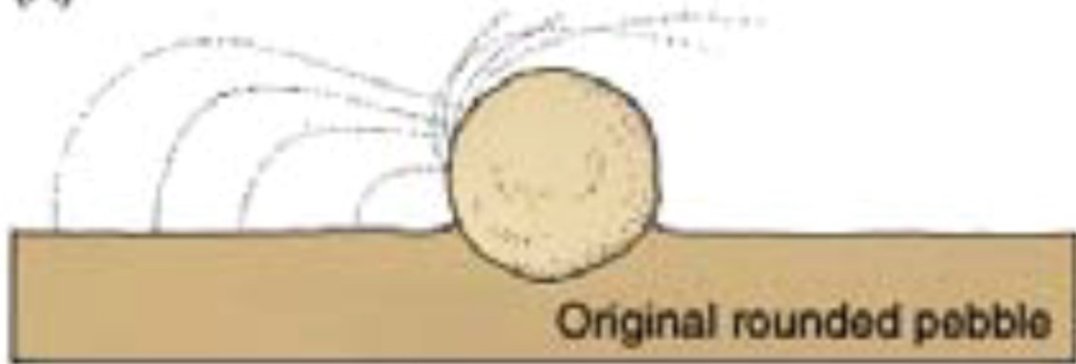




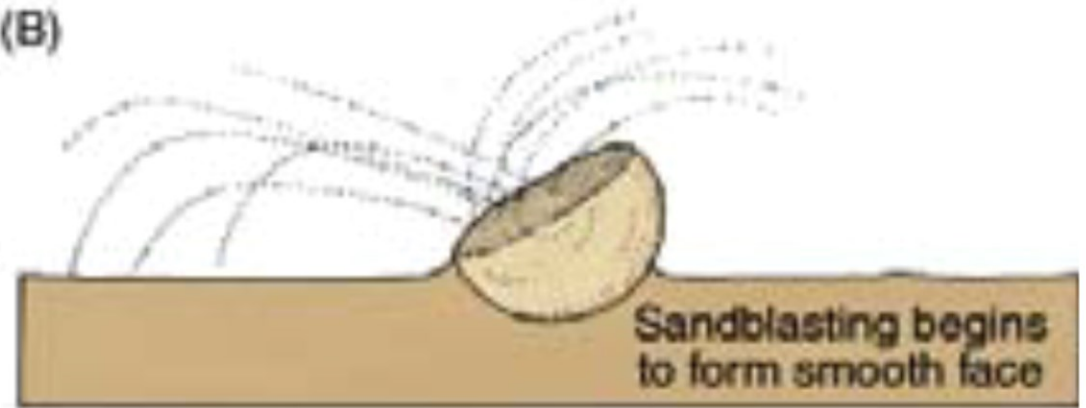




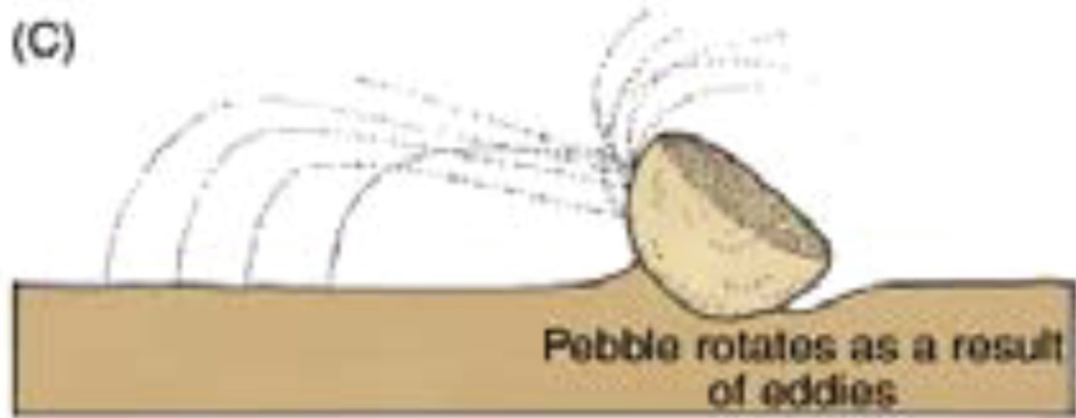
(A)



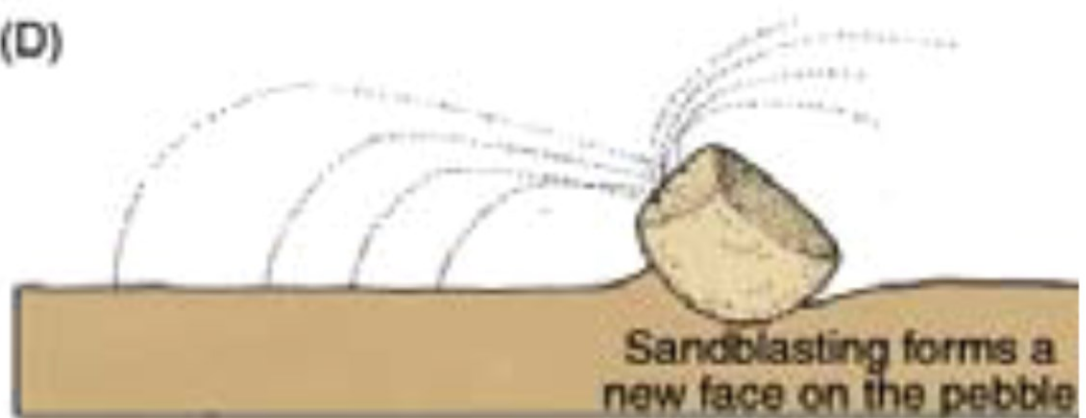
(B)



(C)



(D)





# Ventifact





Fungo di roccia  
(toadstool)





# Fungo di roccia



Deserto Bianco, Sahara

# Archi



Delicate Arch nel Parco Nazionale degli Archi, in Utah (foto Darrell Hess)

Finestra





Arco



# Forme di corrasione



Conca di  
deflazione





# Yardang

---

Rilievi allungati paralleli alla direzione del vento alternati a solchi di corrosione.

Si sviluppano su sedimenti argilloso-sabbiosi debolmente o irregolarmente cementati di antichi laghi desertici e possono essere considerate in parte delle forme di deflazione

Altezza da qualche dm fino a 100 m

Lunghezza da qualche m a qualche km

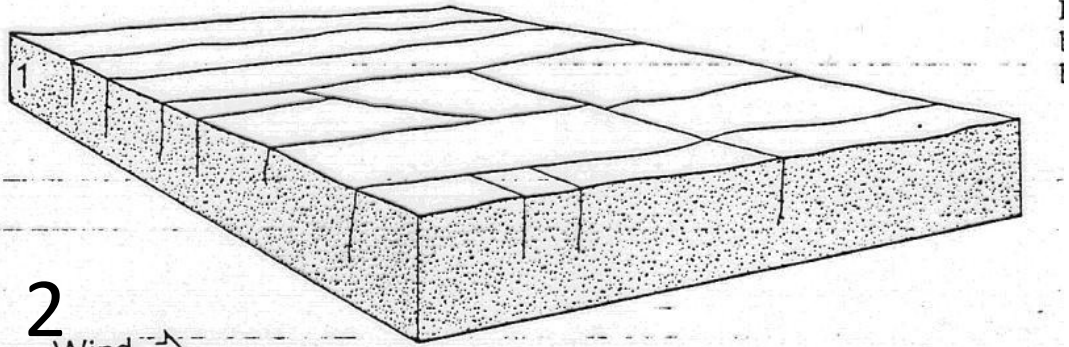
Sono definiti yardang anche le piccole forme di corrosione corrispondenti a piccoli dossetti abrasi dal vento.



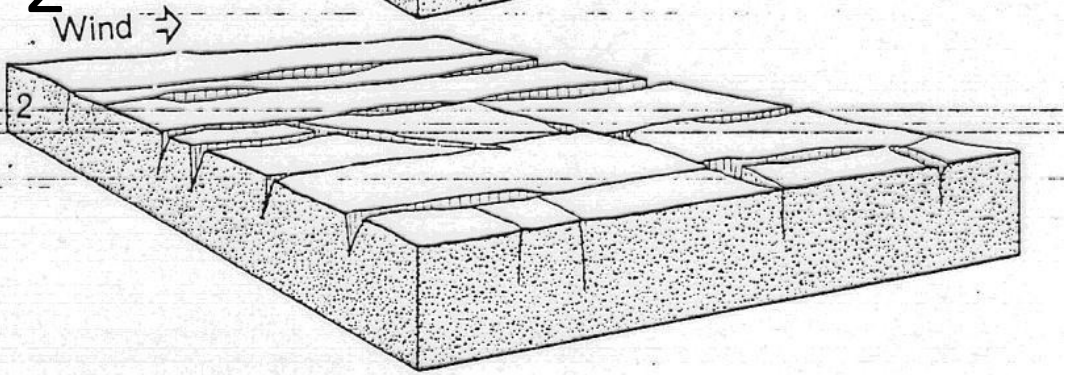
# Yardangs



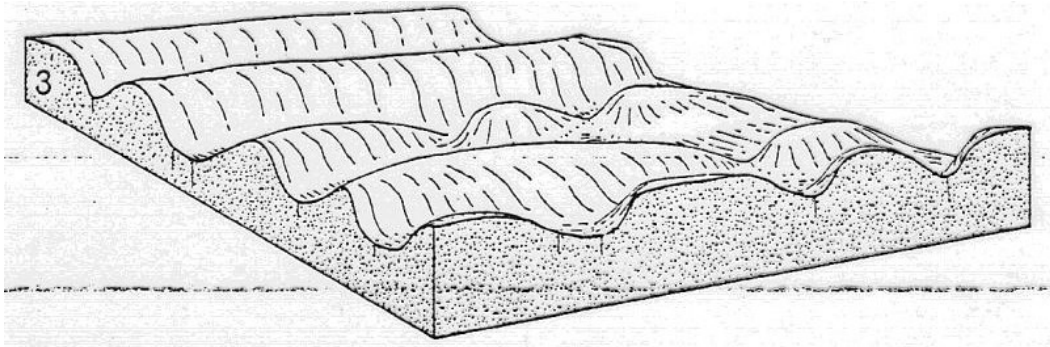
1



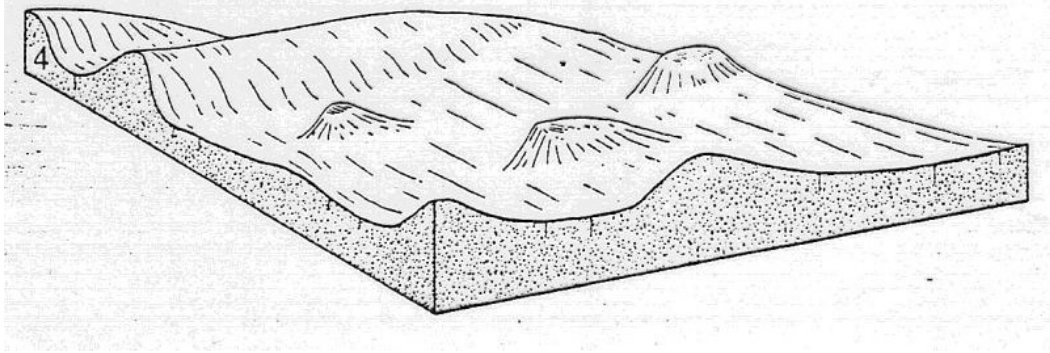
2



3



4



# Yardang

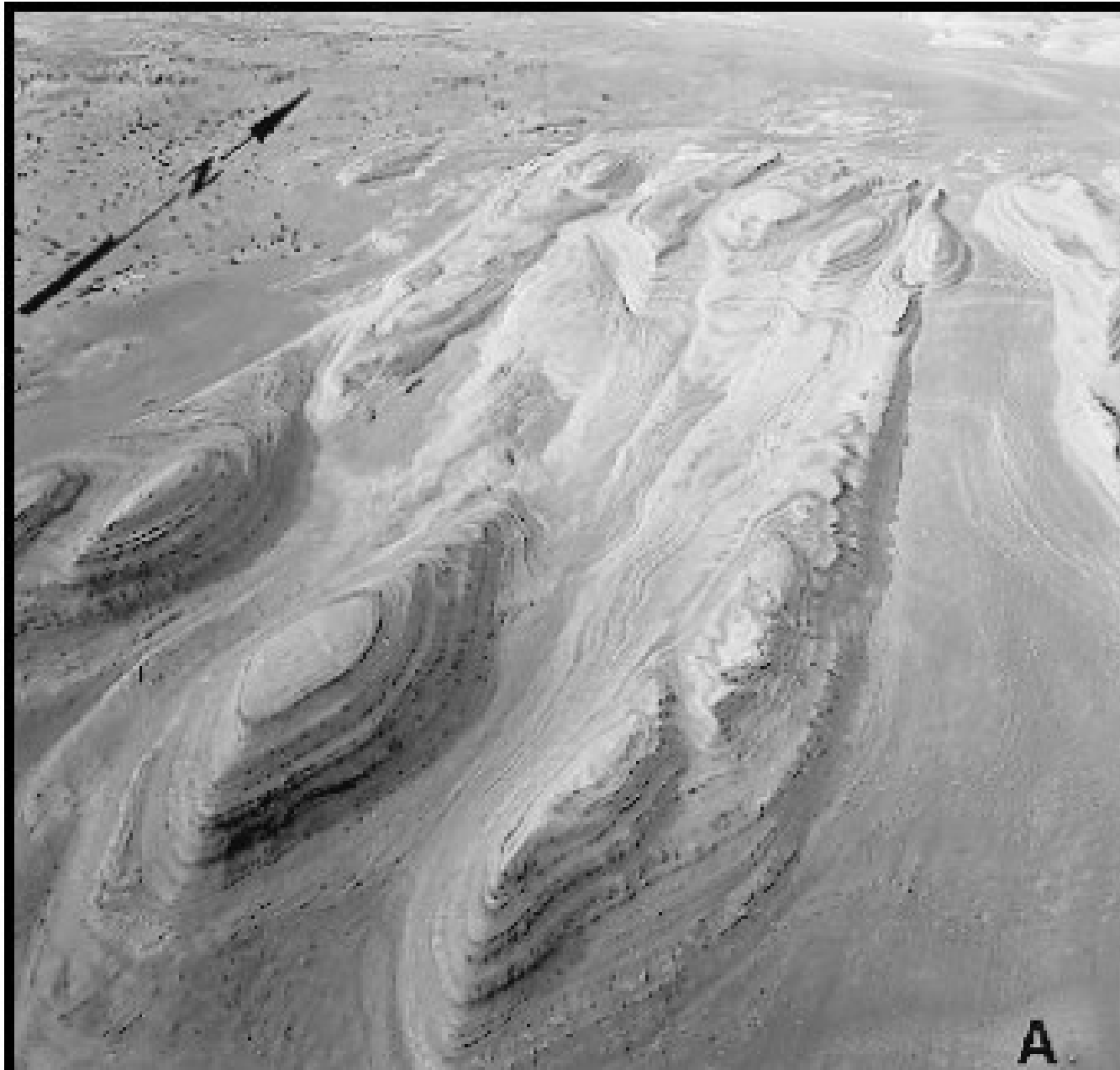
# Yardangs

A yardang field bordering the extremely arid desert of Kumtagh, China. The subparallel wind-eroded features on the scale of hundreds of meters in length have developed in old lake and alluvial sediments. Their beautiful streamlined shapes were thought to offer minimum resistance to wind. (Photograph by Jian-Jun Qu.)



•zhen-ting Wang et al. 2011, DOI: [10.1103/PhysRevE.84.031304](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.84.031304)





## Yardangs

John  
Stimac  
Eastern  
Illinois  
University  
[http://www.  
ux1.eiu.edu  
/~cfjps/1300/  
deserts.html](http://www.ux1.eiu.edu/~cfjps/1300/deserts.html)

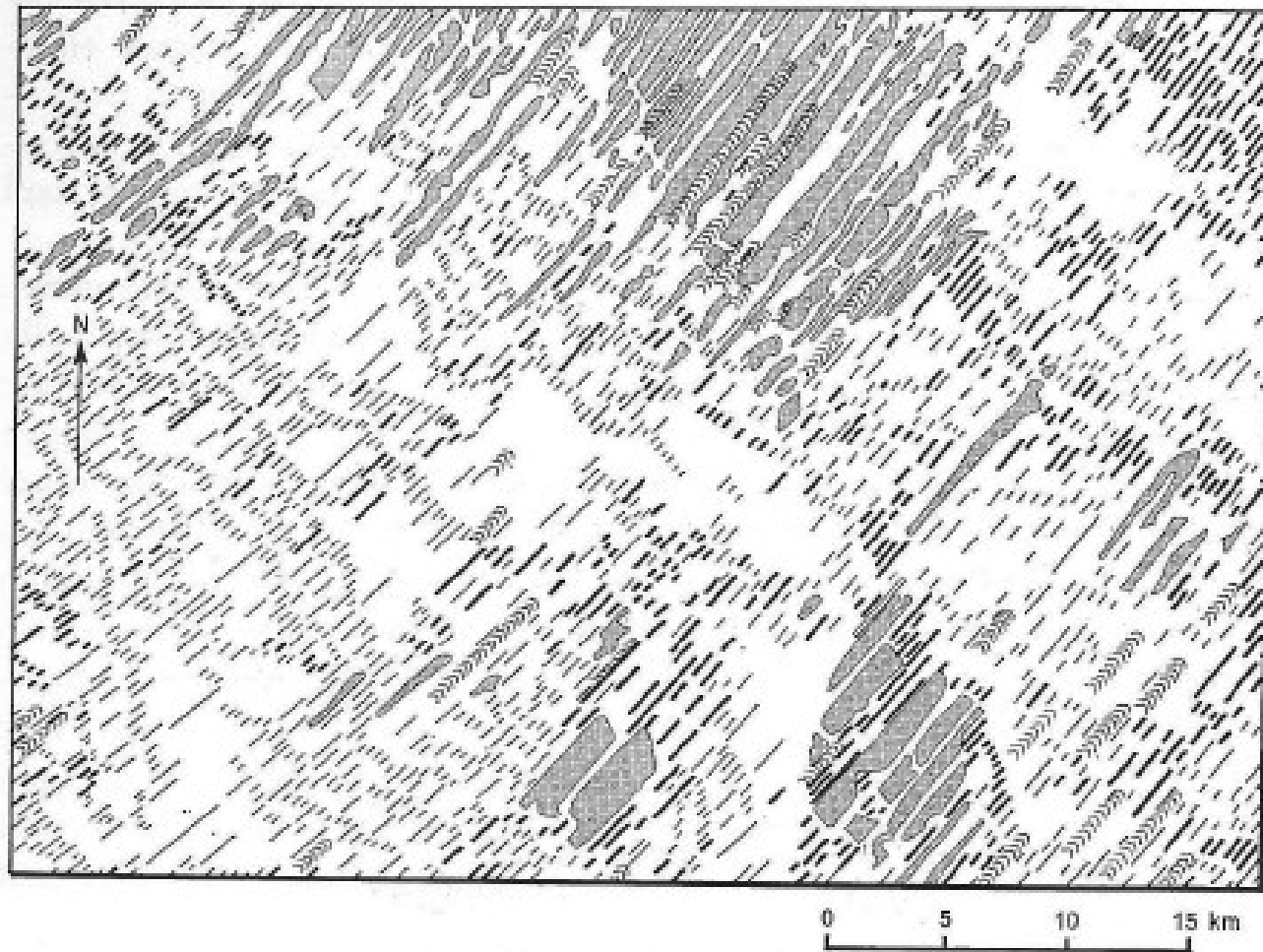


Fig. 12.3. Creste e corridoi modellati dalla corrosione nelle arenarie del Sahara (a SE del Tibesti). Particolare semplificato, ricavato da una carta a colori di M. MAINGUET, *Le modèle des grès*, 1972, edito dall'Institut Géographique National, Paris. Copyright I.G.N., autorizz. n. 99-2717 del 17-10-1978).

Solo le « creste giganti » sono rappresentate in scala (qui, a fondo grigio). Le altre forme minori, comprese le barcane, sono ridisegnate in modo convenzionale.





# Yardangs

**Leoni di Fango** sono delle curiose formazioni d'argilla (yardangs) risultato dell'erosione costante del Khamasin, vento unidirezionale.

Sahara occidentale, Egitto





# Yardangs su Marte







Forme di accumulo eolico



# Forme di accumulo

---

Si tratta tipicamente di dune.

Esistono anche depositi a coltre (per esempio in presenza di vegetazione) (Eolian plain o sandsheet)

Nel caso di polveri atmosferiche o vulcaniche il deposito può avvenire dovunque basta che diminuisca l'energia del vento

Nel caso di sabbia conta il comportamento del vento al suolo nei primi metri



# Loess

---

Materiali depositi al suolo lentamente

Ambiente più favorevole: steppa-prateria (le piante trattengono il loess al suolo e il dilavamento è modesto)

Il loess ricopre il 10% delle terre emerse

In genere si tratta di depositi antichi legati alle fasi glaciali con spessori di qualche metro o al massimo di qualche decina di metri

In alcune regioni aride dell'Asia la deposizione del loess avviene tutt'oggi. Gli spessori sono anche di centinaia di metri

# Loess

---

“Un silt eolico terrestre” (Pye, 1987, p.199)

Generalmente 50-75% di quarzo;

Si presenta con colorazioni differenti (grigio, rosso, marrone, giallo)

La moda si aggira sui 20-40  $\mu\text{m}$  (se con contenuto in sabbia >20% => “loess sabbioso”)

Il rimaneggiamento sin- e post-deposizionale è comune;

I grani sono angolari e sub-angolari





# Loess

- Deposito eolico con almeno 50% della granulometria compresa tra 0,01 e 0,05 mm

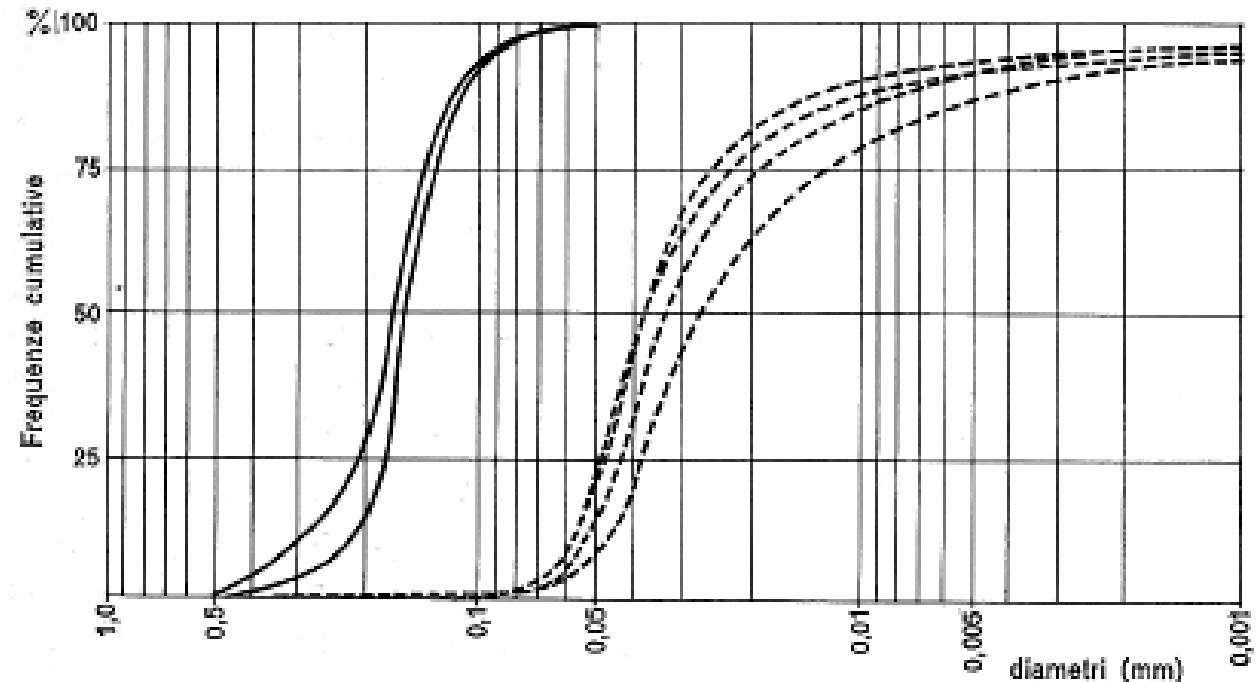


Fig. 12.4. Composizione granulometrica di alcuni depositi eolici.

Curve a tratto continuo: sabbia di dune del deserto di Thar (secondo TH. H. VERSTAPPEN, « Zeitschr. für Geom. », 1970). Curve a trattini: loess del Kansas (secondo A. SWINEFORD e J. C. FRYE, 1945). In questo diagramma le granulometrie sono crescenti da destra a sinistra.

Area a loess in  
Cina





# Area loess in China





Area loess



# Loess



## Aree a loess nel Mondo

---





## Peridesert loess: Matmata Plateau, Tunisia





# Vernice del deserto

---

Desert Varnish

Ossidi di ferro e manganese





# Desert Varnish





# Desert Varnish







## Dune

---

Alte da pochi dm a più di 300 m

Le megadune arrivano a 400 m



# Tipi di dune

A) Trasversali

B) Barcane

C) Longitudinali

D) Paraboliche

Barcanoidi

A stella

Complesse (ghurd)

Di ostacolo

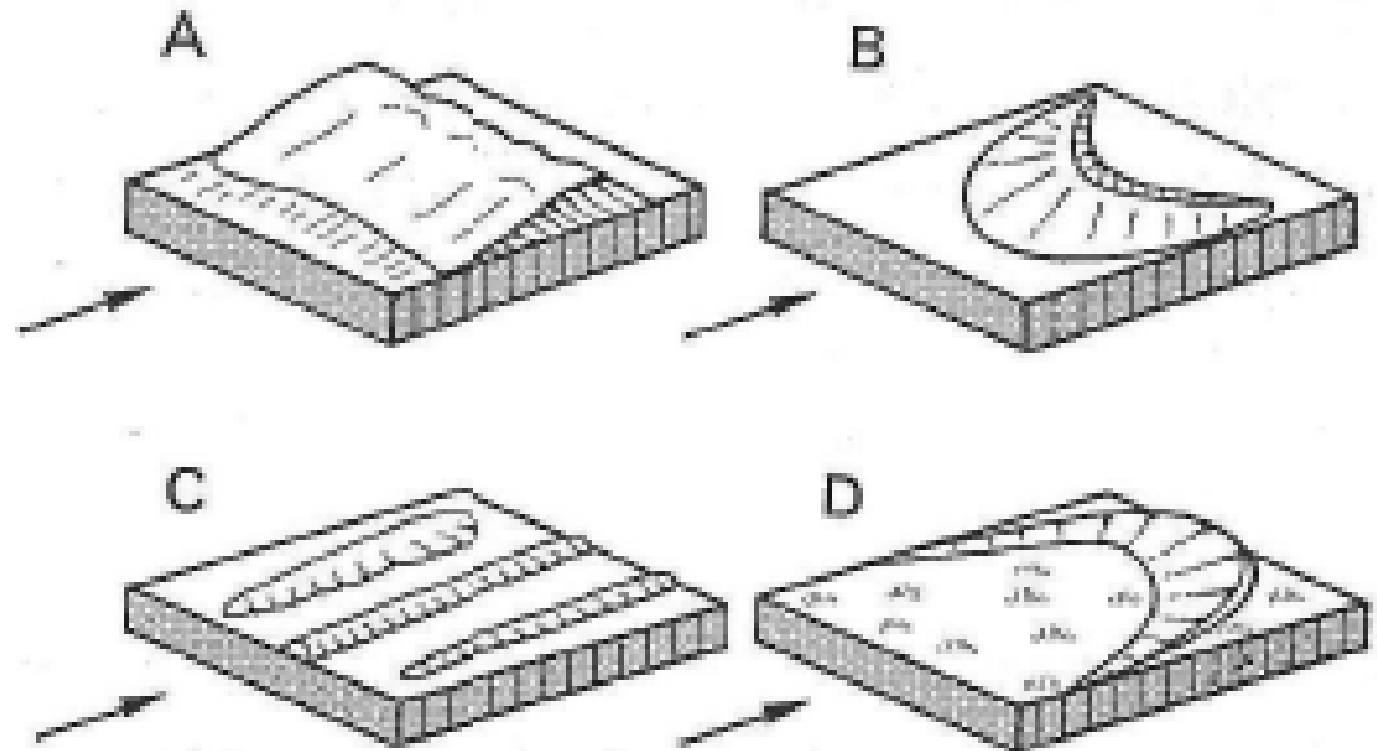
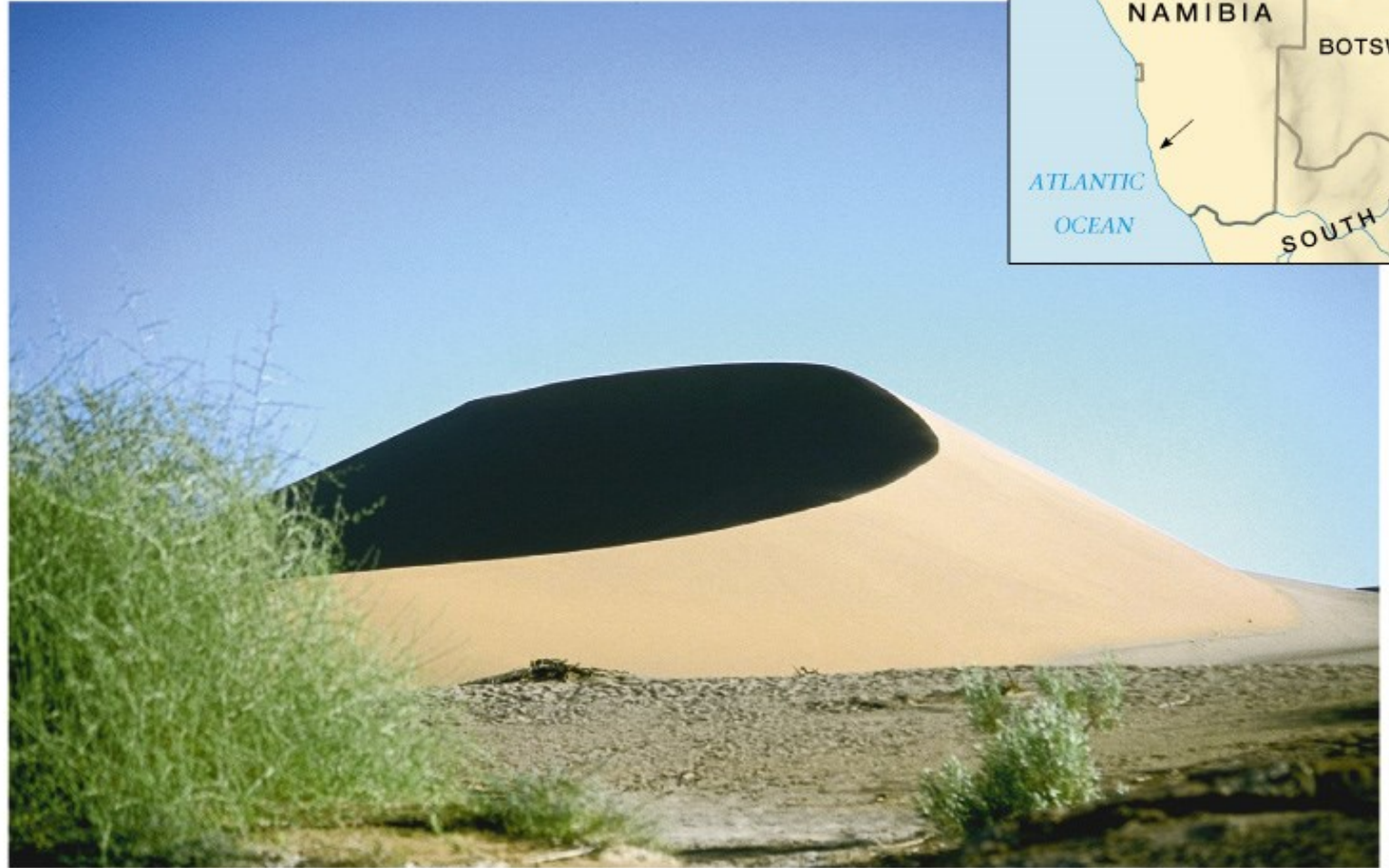


Fig. 12.6. Schemi di forme di dune (dis. di M. SCHWARZBACH, *Geologie in Bildern*, 1954).

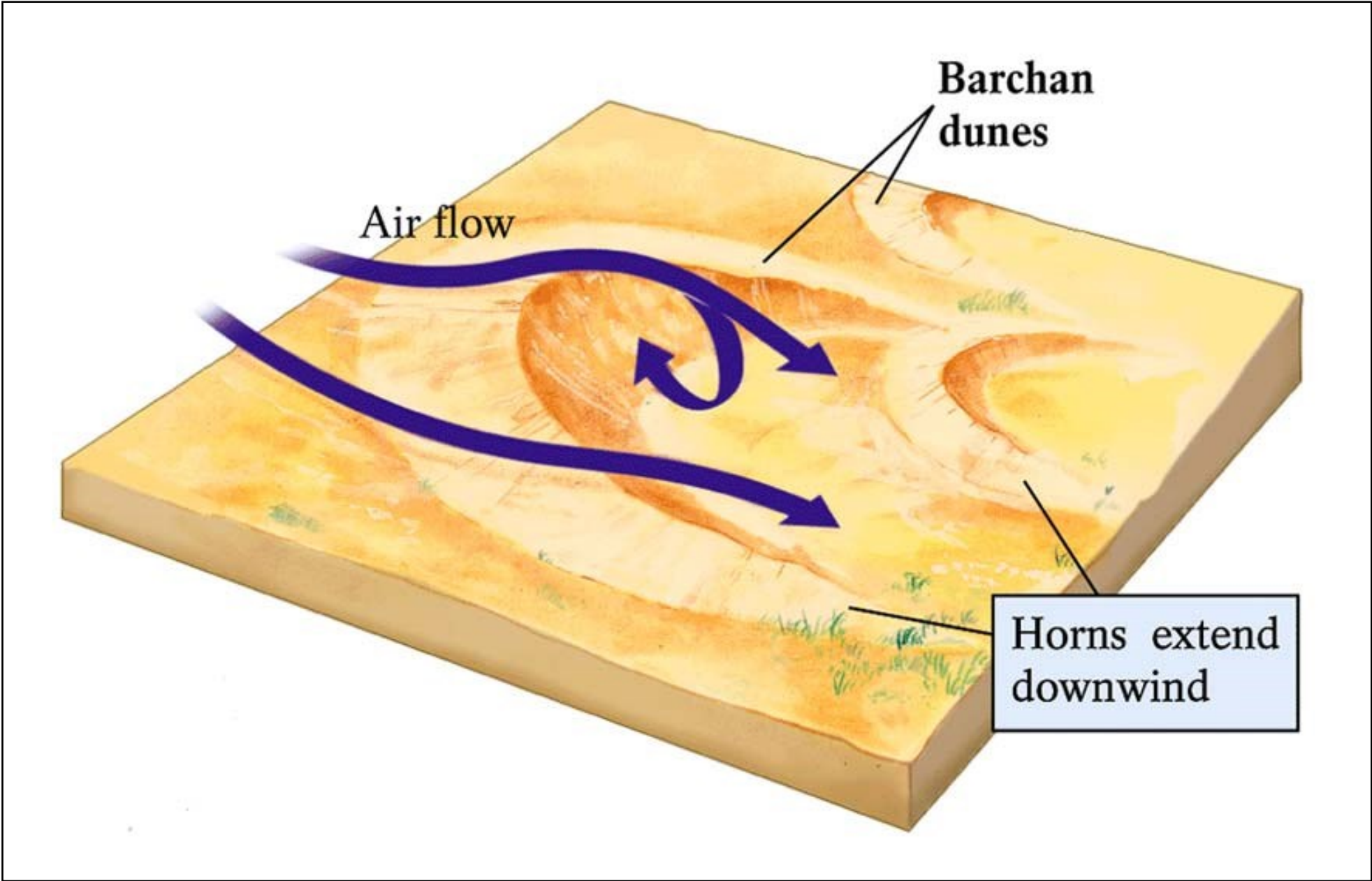
A. Duna trasversale; B. Barcana; C. Dune longitudinali; D. Duna parabolica.

# Barcane

- duna mobile con convessità rivolta controvento;
- si forma in presenza di venti forti e costanti;
- bassa quantità di sabbia disponibile;
- possiede una forte velocità di movimento (25 m/a); comune in Asia centrale e nel Sahara;
- può superare il centinaio di m in altezza.

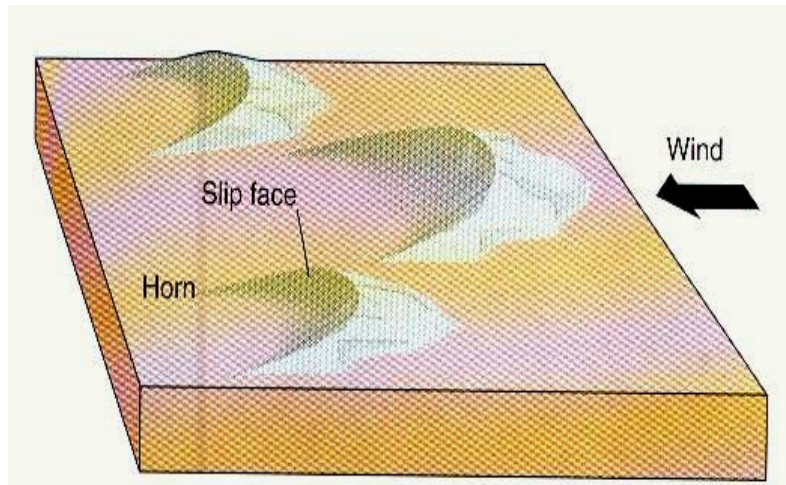






# Barcana

---











# Barcane



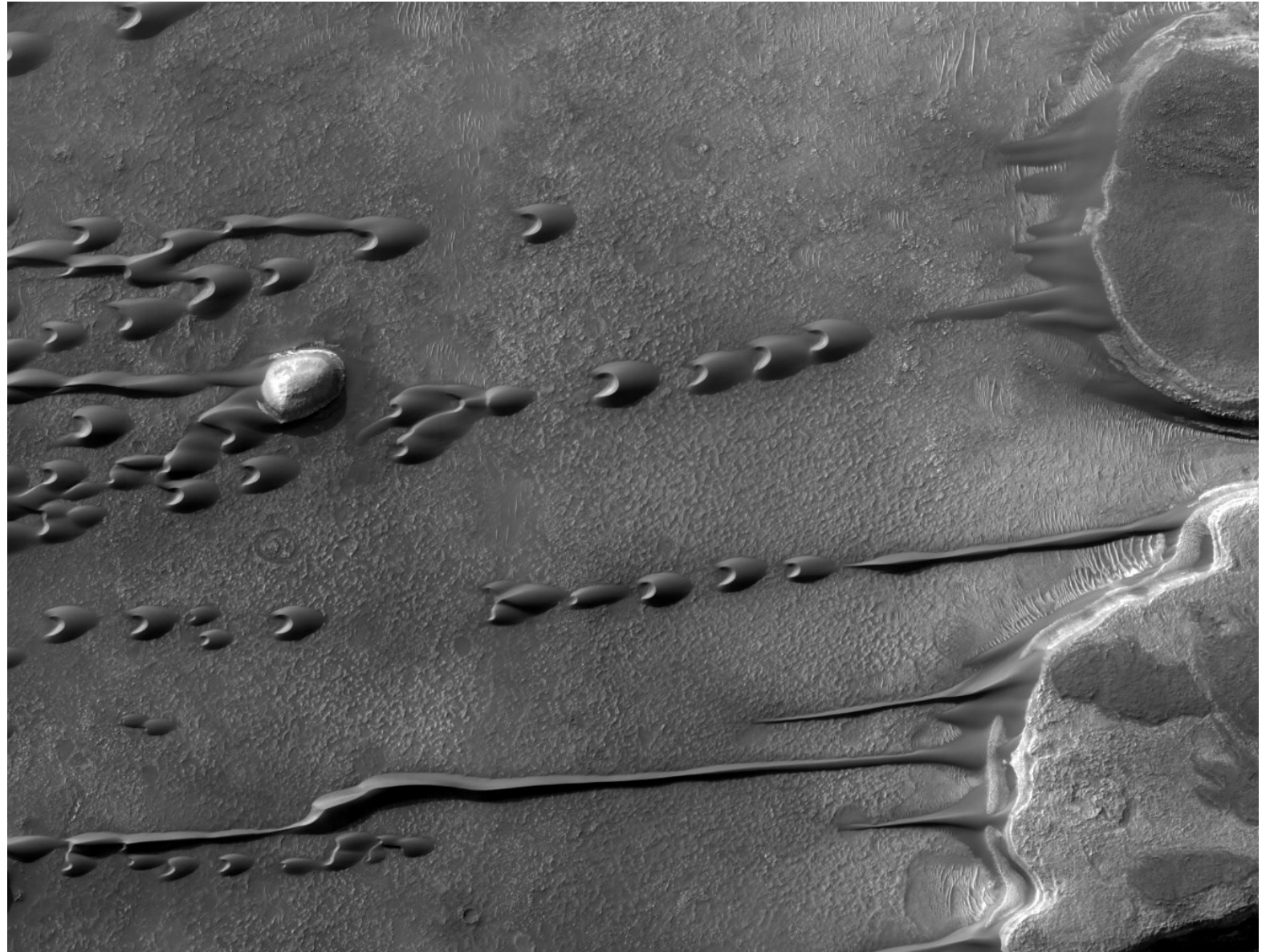
# Barcana





# Barcane su Marte

Barchan and linear dunes west of Hellas Planitia near  $41.8^{\circ}\text{S}$ ,  $315.5^{\circ}\text{W}$ , formed on the floor of a crater and extending from a mesa. Note the breakdown of the rectilinear dune into barchans with distance from the flow obstruction. [HiRISE Image PSP 007676 1385](#).





## Barcanoidi

Si formano per unione di barcane. Generano rilievi sinuosi che formano un angolo obliquo di  $10-20^\circ$  rispetto alla disposizione delle barcane originarie.



# Barcanoid

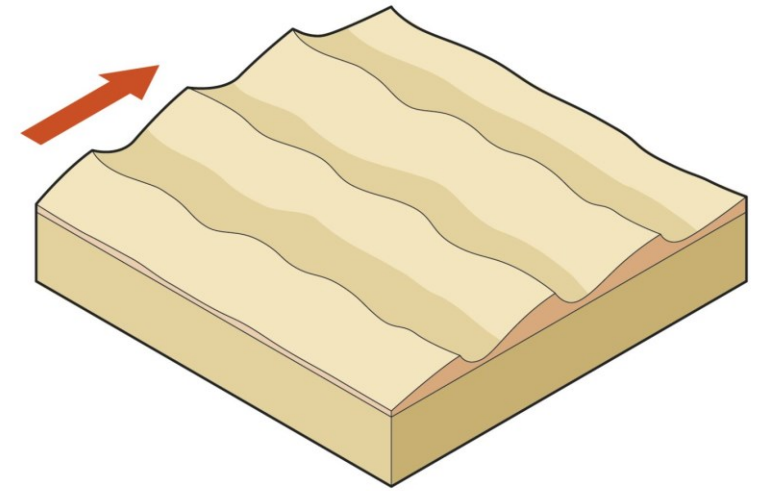
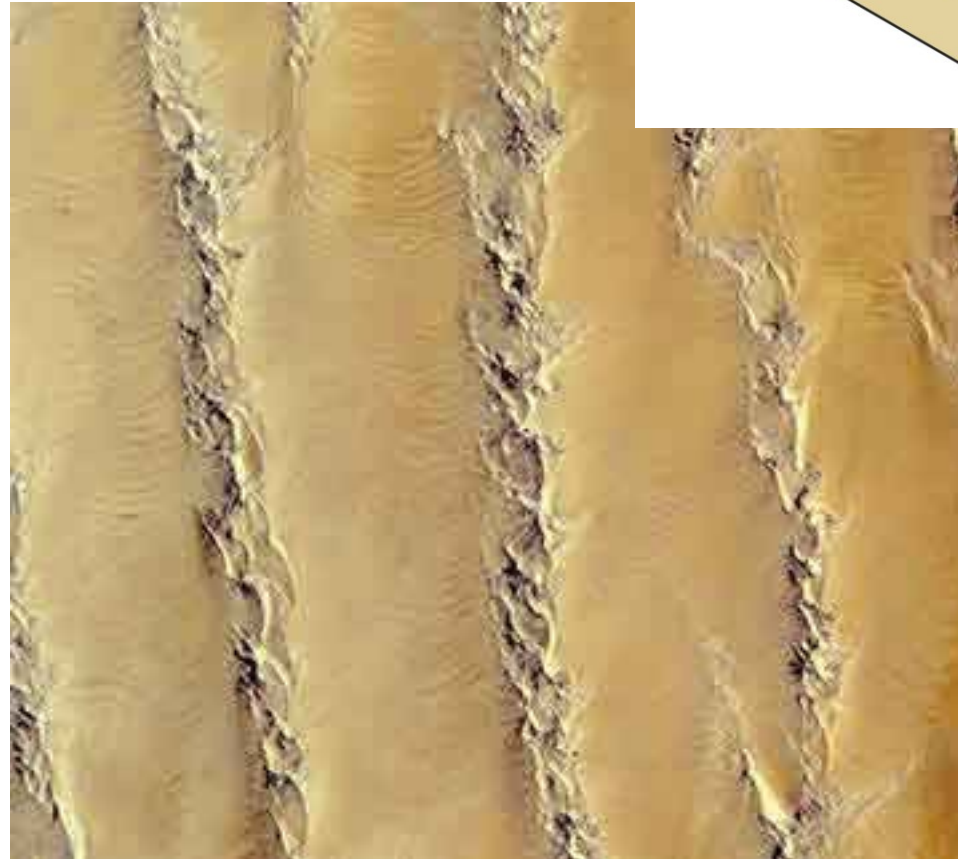




# Dune trasversali

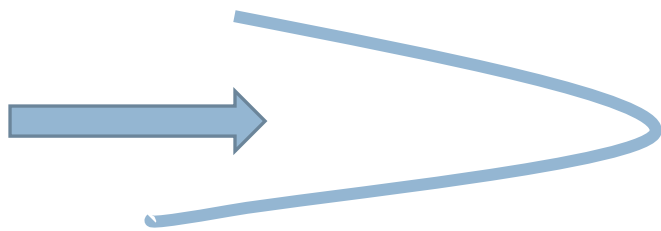
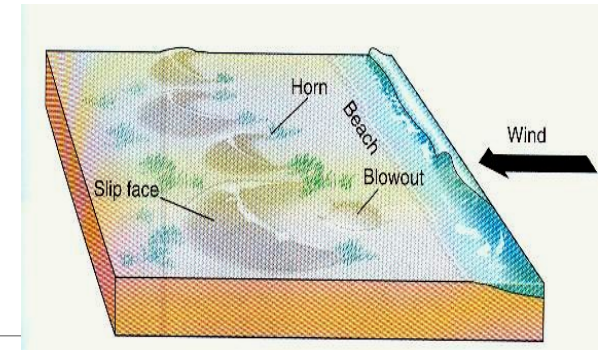
## Dune trasversali

dune parallele,  
perpendicolari alla  
direzione del vento; si  
deve disporre di grandi  
quantità di sabbia; sono  
generate da turbolenze  
ritmiche del vento

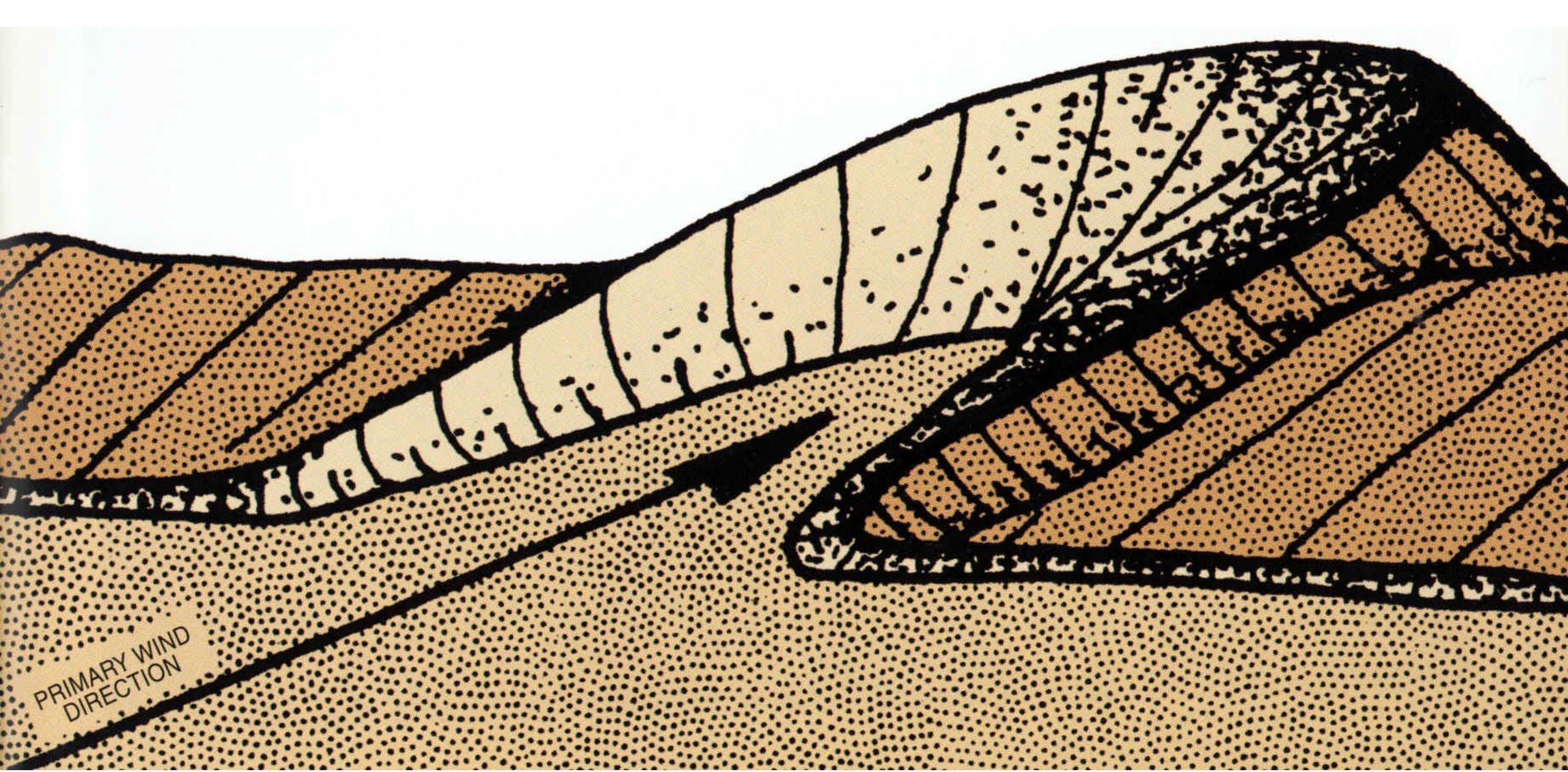


# Dune parabolique

Parabolic dunes near Pismo Beach, central California. Wind blows from left to right. The ocean and a sand beach are just to the left of the photo

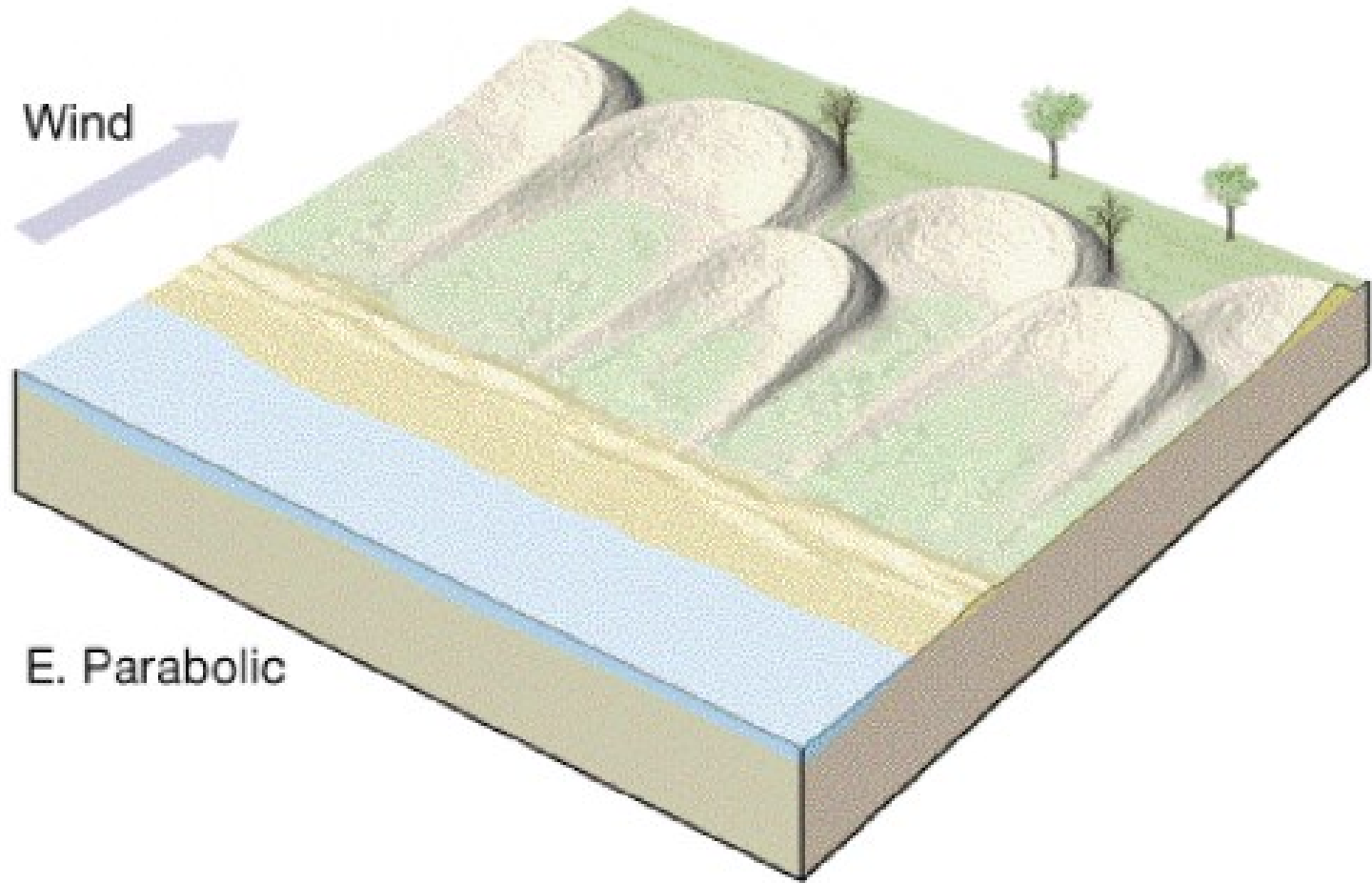






PRIMARY WIND  
DIRECTION

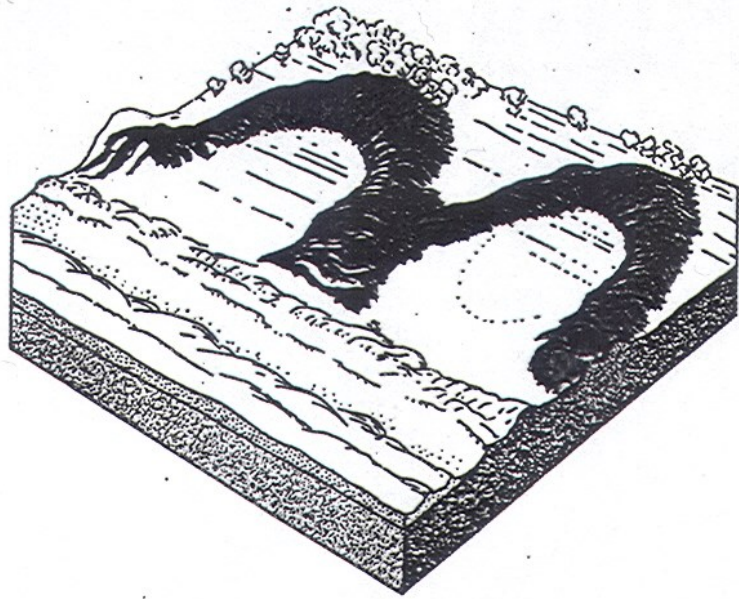




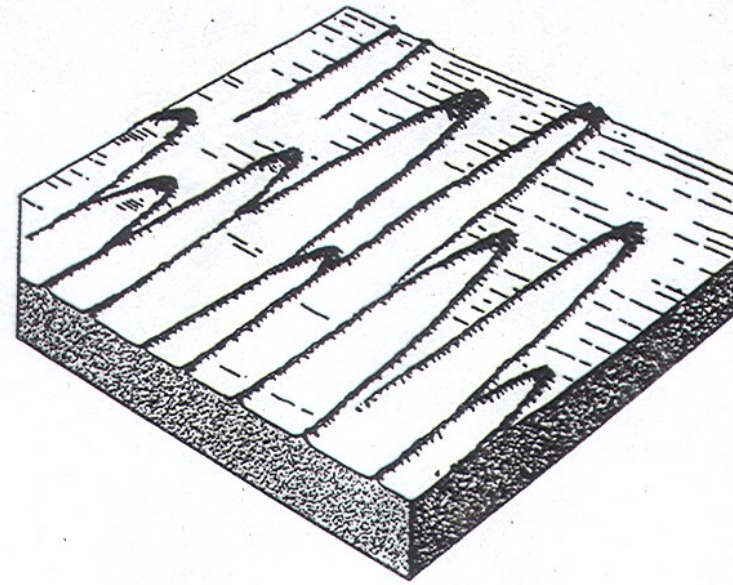
E. Parabolic



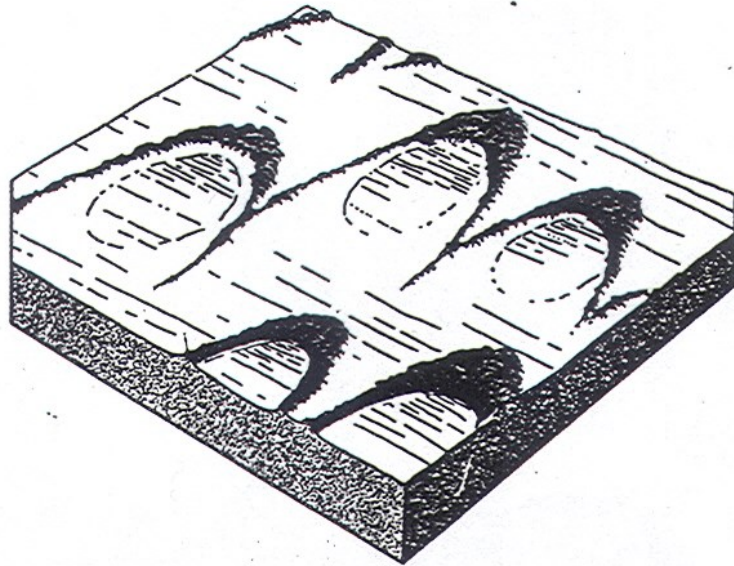




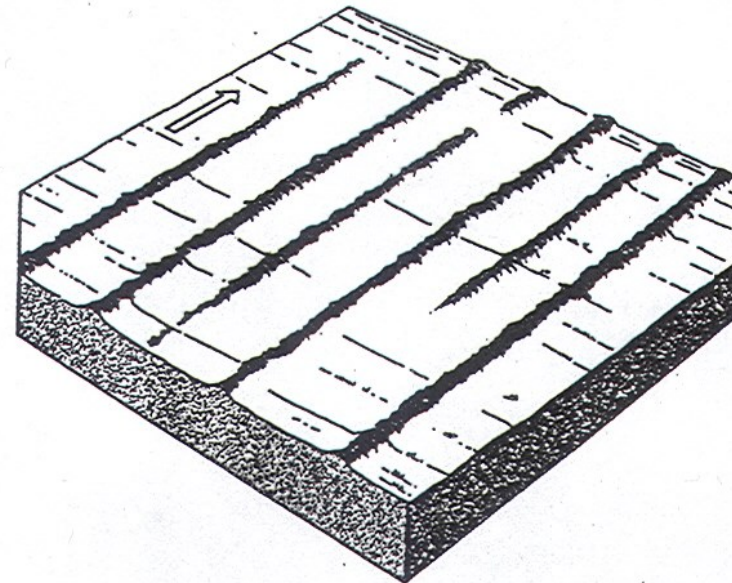
A. Dune paraboliche costiere con conche di deflazione.



C. Dune paraboliche del tipo «a forcina».



B. Dune paraboliche in una pianura arida.

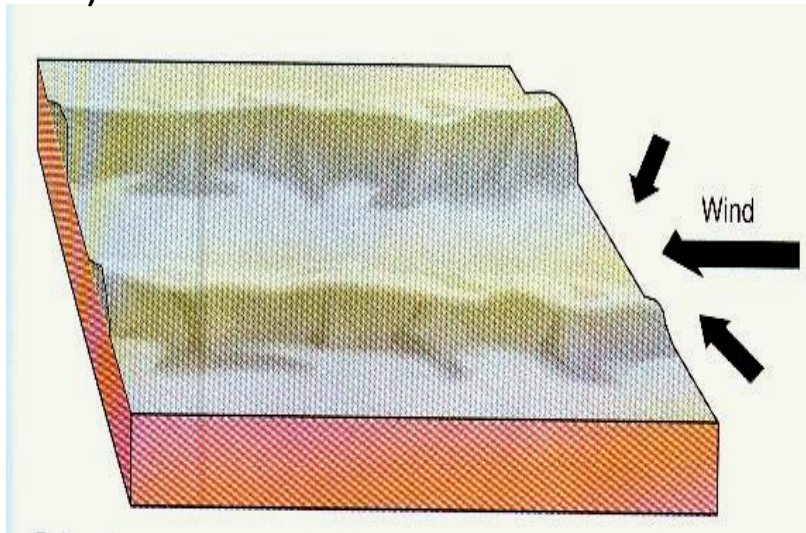


D. Dorsali di dune longitudinali in una pianura desertica.



# Dune longitudinali

**Dune longitudinali** – multiple, strette, allungate. Sono necessari almeno due venti dominanti provenienti da due direzioni diverse. Possono essere lunghe decine di chilometri (fino a 200 km)







Dune longitudinali



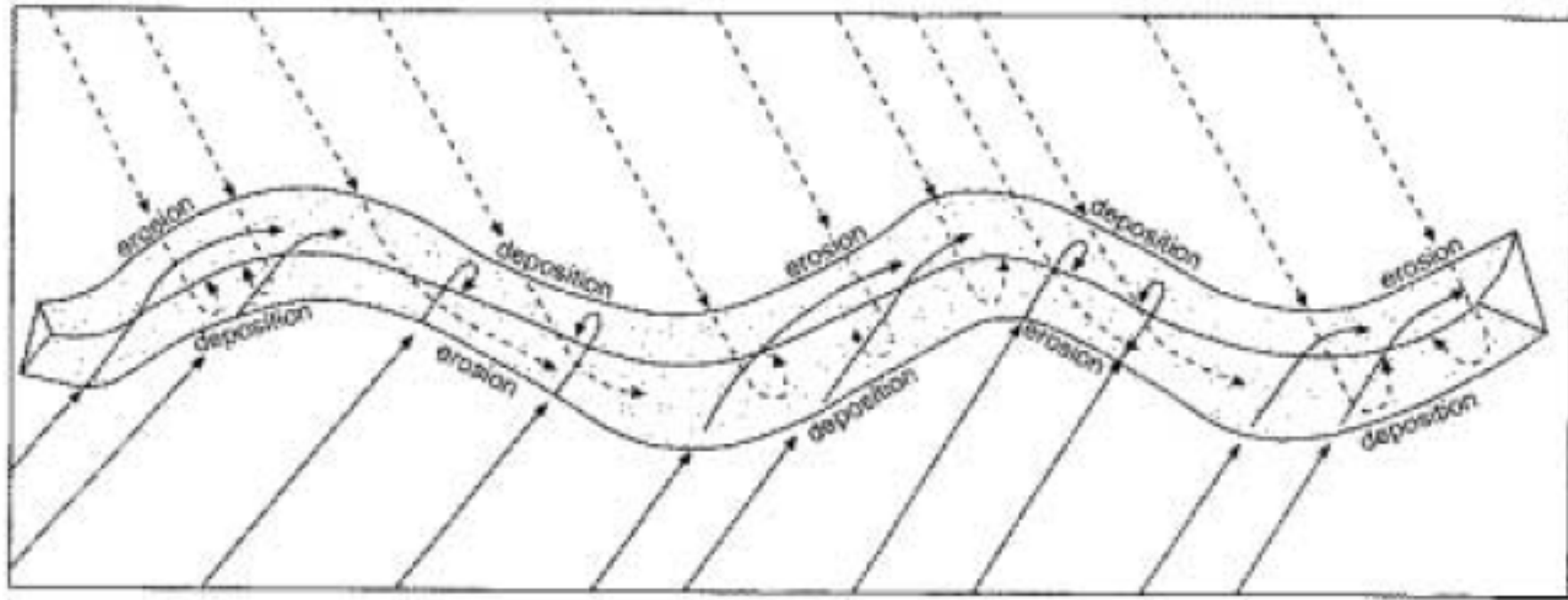
Dune longitudinali



## Barcane - Seif

Barcane con braccio asimmetrico dovuto al vento dominante più forte e uno secondario più debole. Incipiente trasformazione in *seif* (sciabola in arabo), cioè in duna longitudinale con cresta affilata





**Fig. 17.12.** Schematic sketch of a seif dune that is under a bidirectional wind regime (one wind direction is shown by the solid line and the other by the broken line). Note that erosion occurs on the lee side when the wind flow is diverted to flow parallel to the crest-line, and deposition when the wind encounters the crest-line perpendicularly



# Dune a stella

---

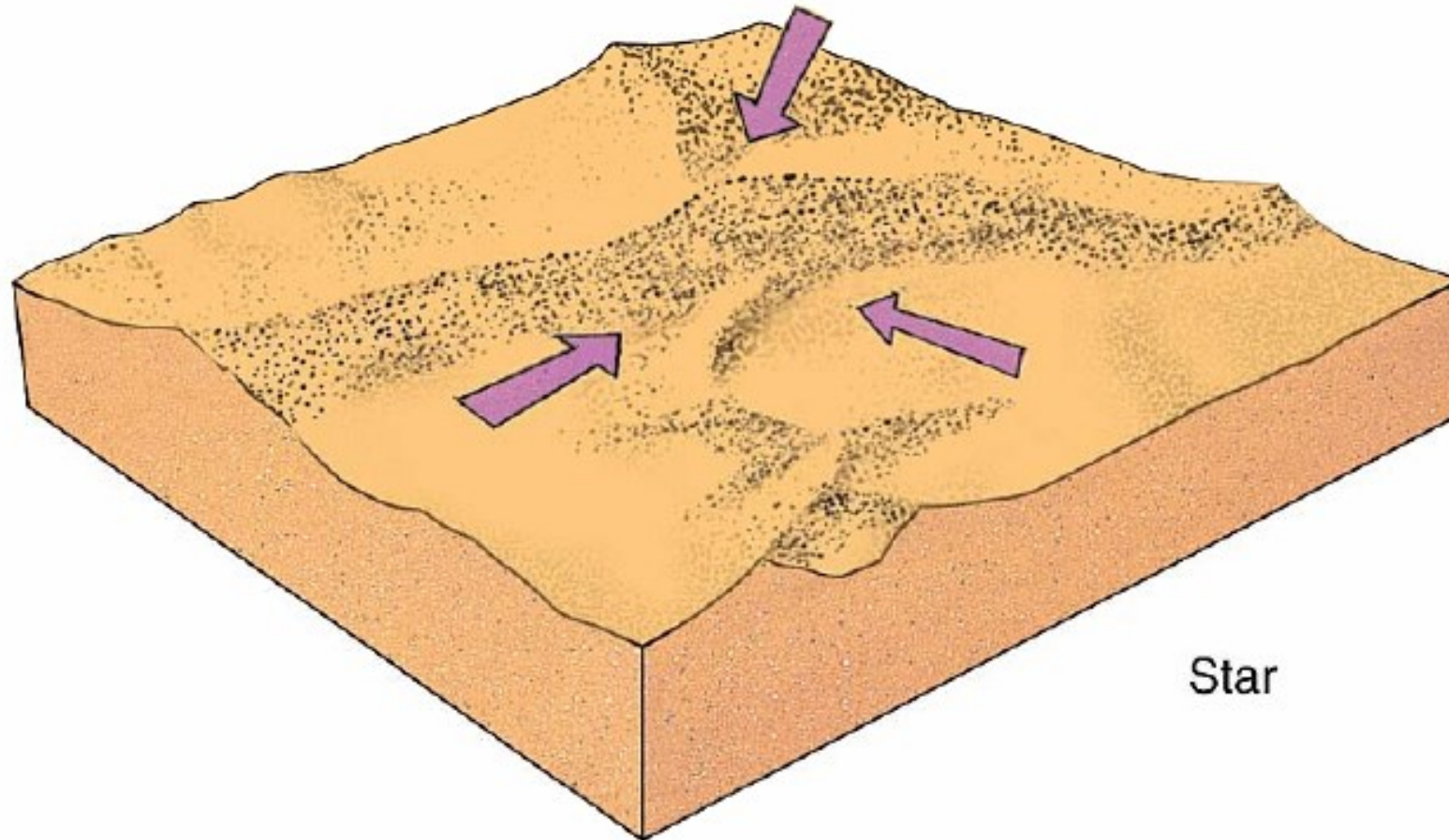
Venti variabili

(anche venti convergenti  
con movimento  
ascensionale in  
corrispondenza dei vertici)

Se i venti sono contrapposti  
si formano le Dune  
contrapposte (reversing  
dunes)



La duna a stella si forma dove la direzioni dei venti cambia nel corso dell'anno. Nelle foto aeree sembra una stella marina.



Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.



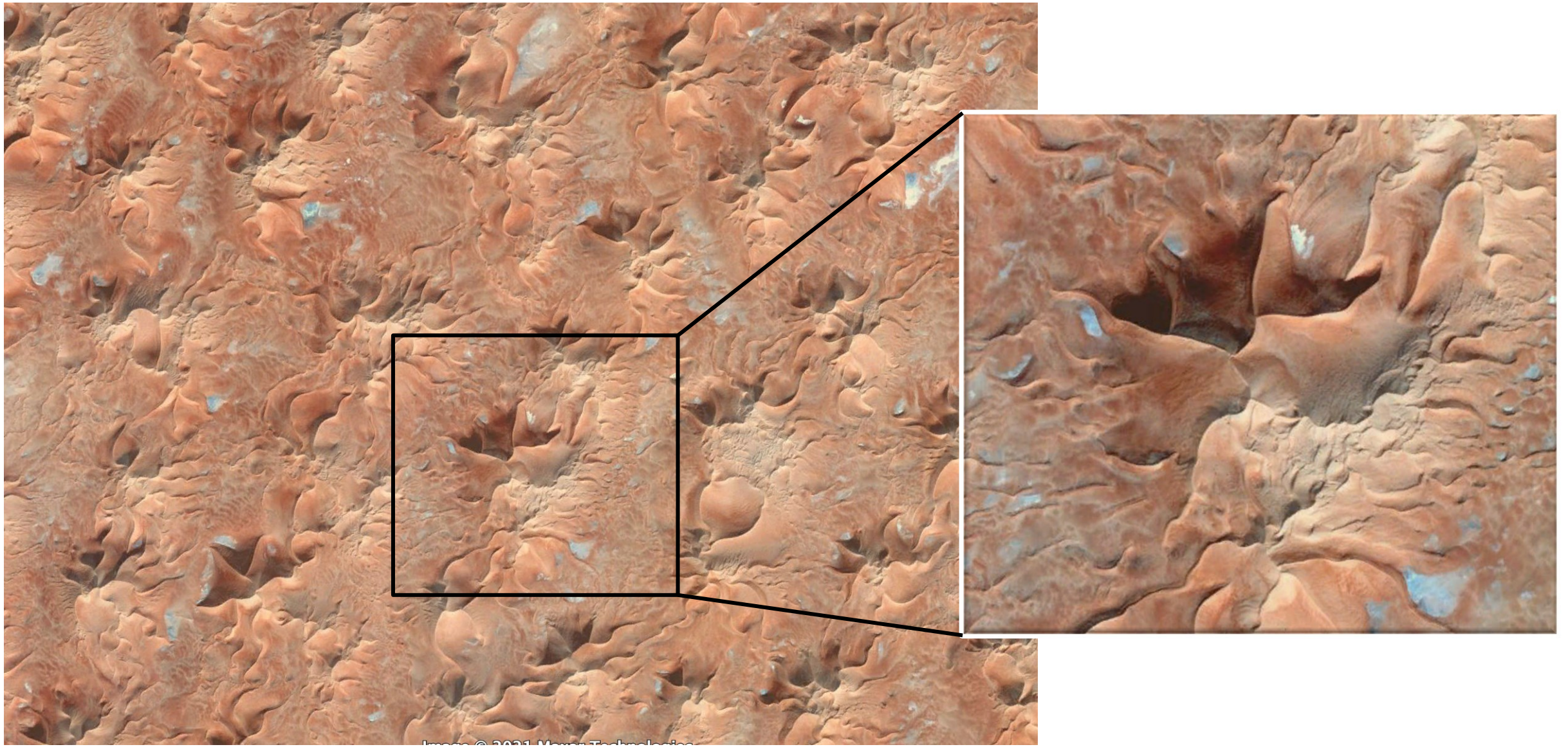
# Dune a stella

---









# Movimento delle dune

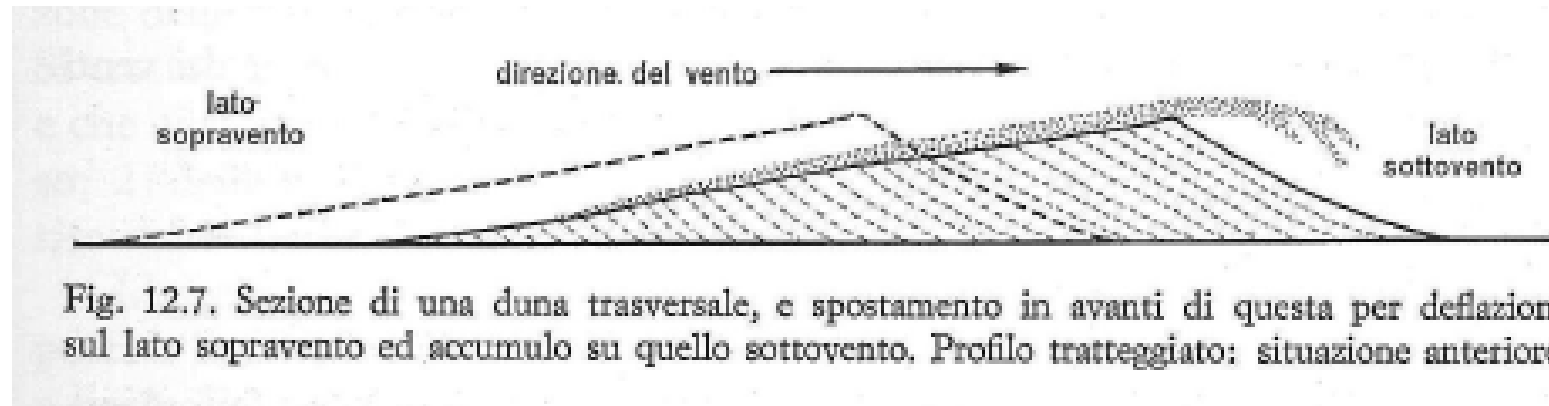
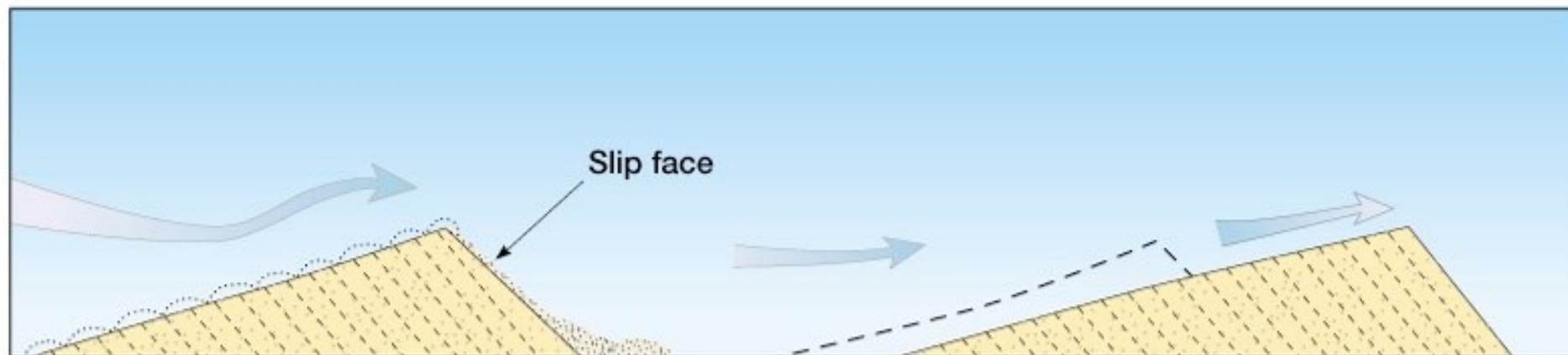


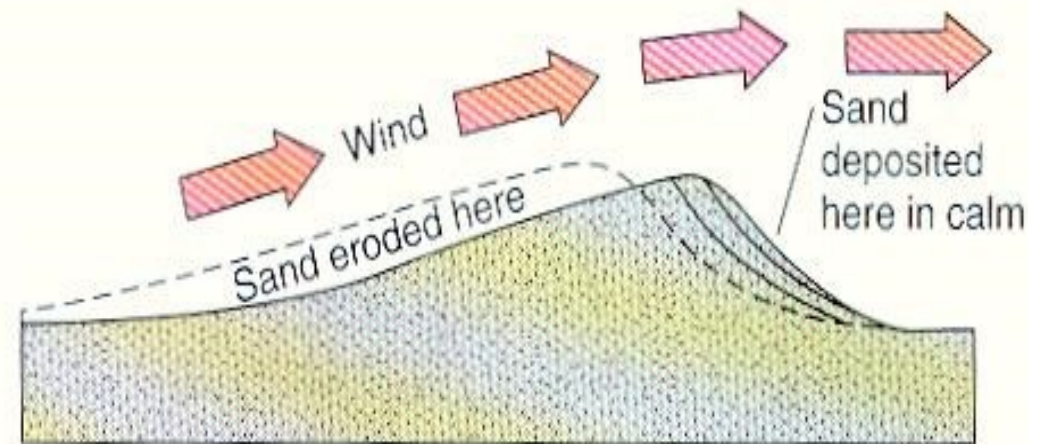
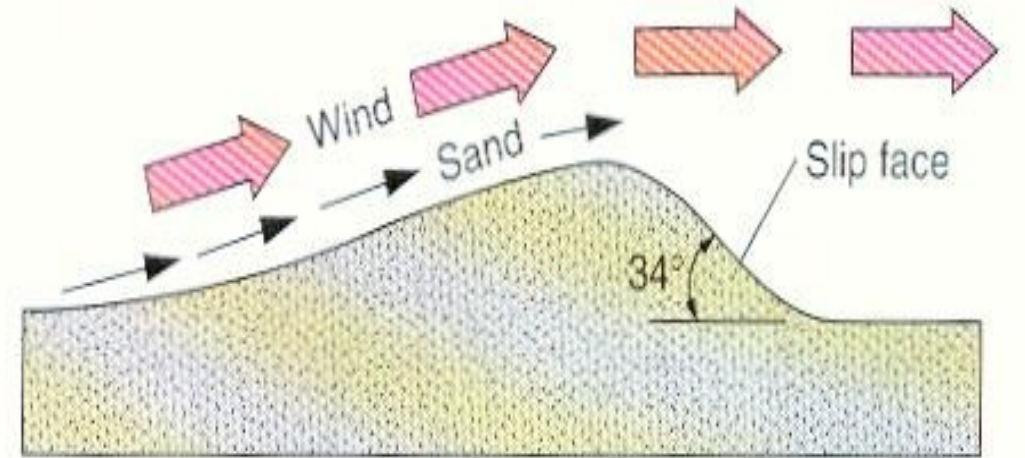
Fig. 12.7. Sezione di una duna trasversale, e spostamento in avanti di questa per deflazione sul lato sopravvento ed accumulo su quello sottovento. Profilo tratteggiato: situazione anteriore.

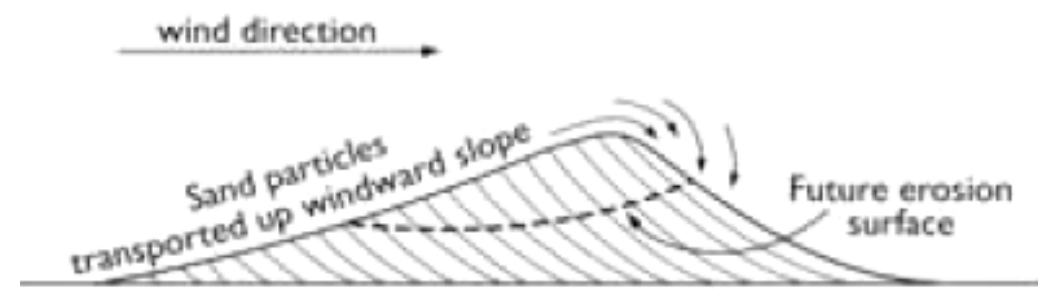




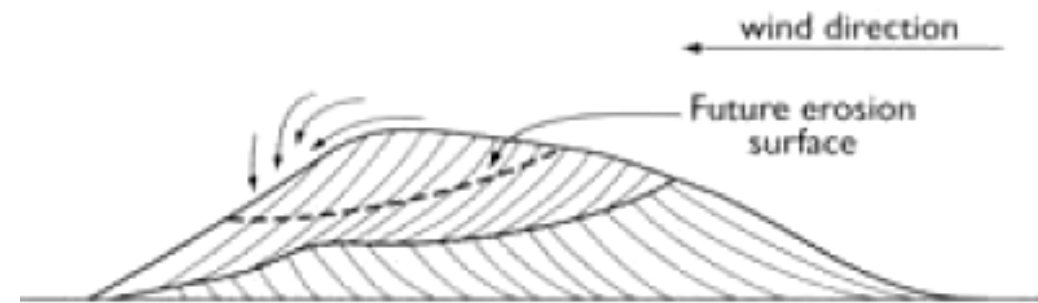
## Velocità di movimento

Da pochi a centimetri ad alcuni metri all'anno (max 25 m/a)

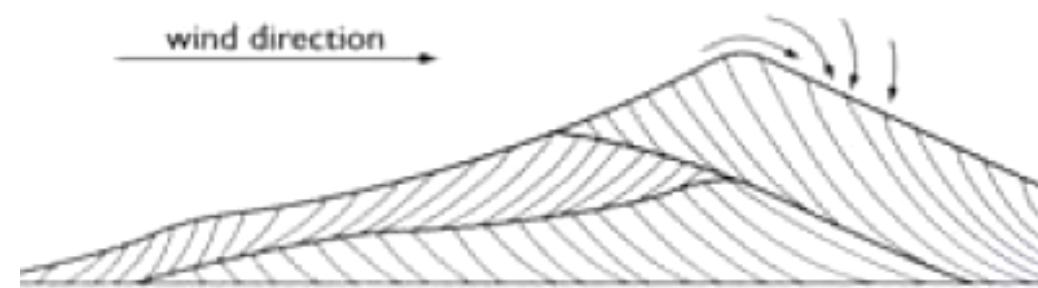




**STAGE 1**



**STAGE 2**

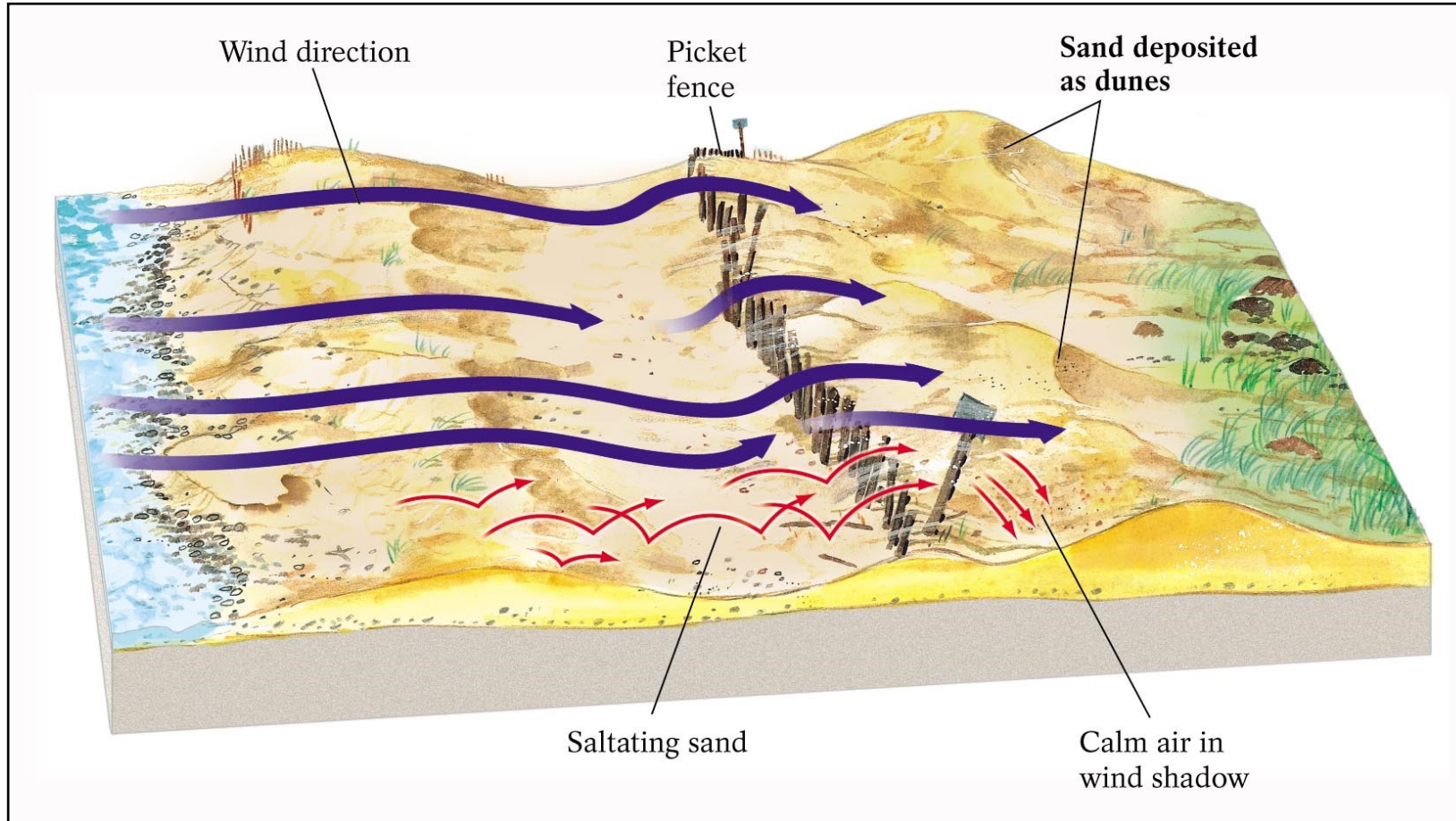


**STAGE 3**

**Formation of cross-beds in sandstone.**



# Dune da ostacolo



## Ripples o Increspature

Sono delle forme sedimentarie che si originano a causa di un flusso in movimento che esercita un'azione trattiva sul fondo.



Ripples on  
Dune in  
Gran  
Desierto,  
Sonora,  
Mexico

(P. Kresnar  
photo, U of  
AZ, USGS)

[http://  
pubs.usgs.  
gov/gip/  
deserts/what/](http://pubs.usgs.gov/gip/deserts/what/)



# Incrispature

Altezze da pochi cm a 20 cm

Creste formate da granuli di sabbia grossolani che si muovono per reptazione.

Sabbia fine che si muove per saltazione



## increspature

I ripples si muovono con  
velocità di qualche mm  
al minuto





# Tipi fondamentali di dune

---

## **Tipo di duna**

Transverse (Trasversali, Barcane)

Linear (Longitudinali)

Star (a Stella)

## **Regime del vento**

Unimodale

Bimodale

Complesso



*Prosopis glandulosa* forming nebkha (nabkha), Mojave  
National Preserve, San Bernardino County, California, USA







NEBKHA

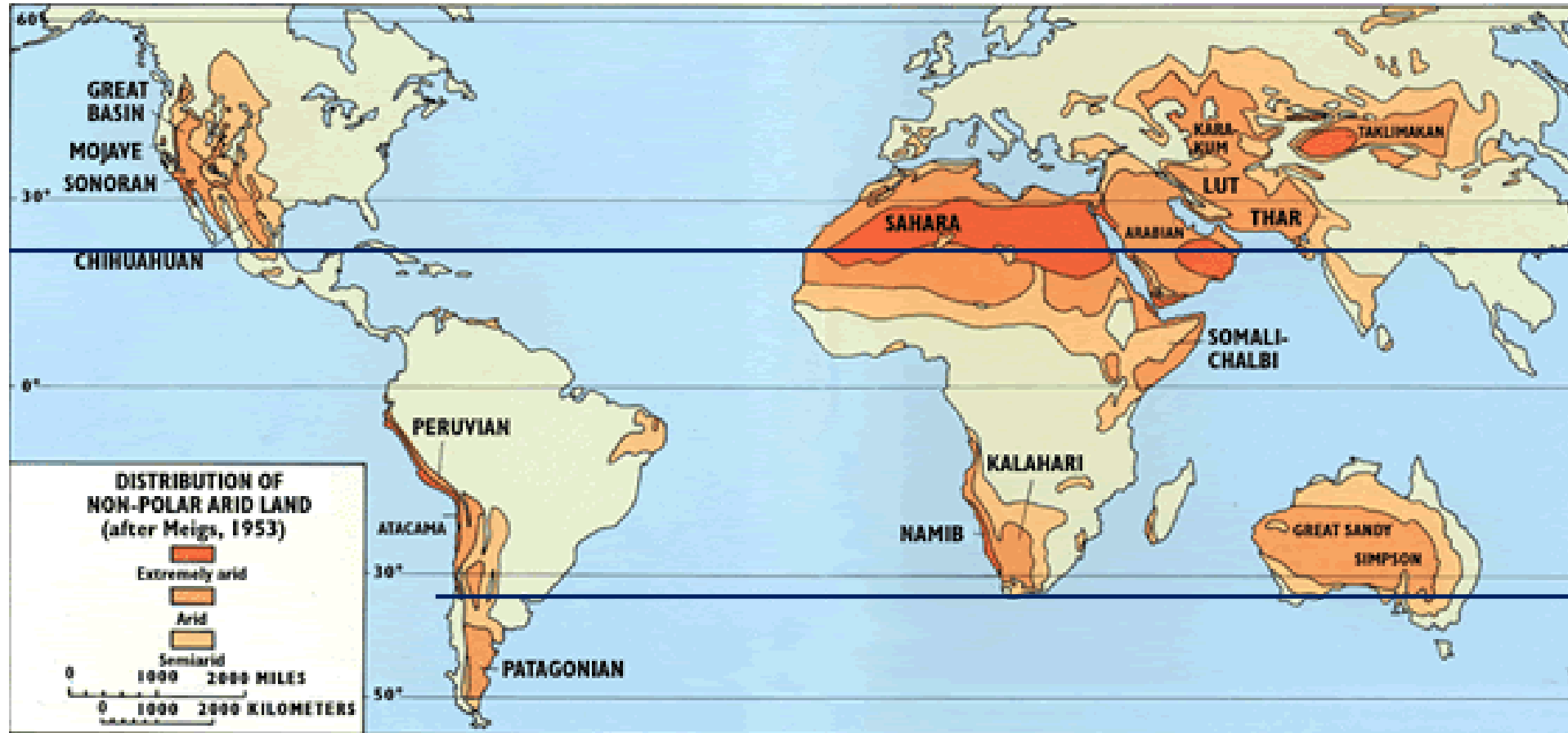
# Paesaggi delle terre aride





# Deserti del mondo

<250 mm/anno  
precipitazioni



<http://geology.com/records/largest-desert.shtml>

# Aree aride: concetti di base

---

Processi prevalenti dovuti a:

- Vento
- Gravità
- Acque correnti
  - Termoclastismo
  - Aloclastismo

Le precipitazioni sono poco frequenti e intense

- Inondazioni intense (flash flooding), erosione spinta
- Corsi d'acqua effimeri



# Aree aride: concetti di base

---

La maggior parte dei deserti mostra paesaggi con forme angolari

- Domina l'erosione meccanica
- Particelle angolari come prodotto dell'alterazione
- Affioramento di bedrock roccioso
- Suoli poco sviluppati e vegetazione scarsa

Una morfologia più dolce si sviluppa dove predomina la deposizione

- Dune





# Fiumi allogenici e autoctoni

**Fiumi allogenici:** sorgono in aree esterne al deserto e sono alimentati dalle precipitazioni lontane dalle aree aride

Esempio: Nilo, Colorado Okavango

**Fiumi autoctoni (Arroyos):** si attivano saltuariamente con piene improvvise e ad altissima energia





# Antelope Canyon

[https://www.youtube.com/watch?v=m44gkjMukP0&ab\\_channel=TheMrByrom](https://www.youtube.com/watch?v=m44gkjMukP0&ab_channel=TheMrByrom)







**Flash Flood nel Deserto del Gobi**





Libyan Desert-Flash floods, 15 September 2009, foto Syed Wali Peeran





Las Vegas Flash Flood



# Erg o Mari di Sabbia

---

I Mari di Sabbia (Sand Sea) sono distese di centinaia di chilometri di deserto sabbioso con forme anche complesse di dune

L'origine è legata a vasti depositi sabbiosi di origine alluvionale



## Dune field vs Sand sea

---

Le distese di sabbia sono classificate come **sand sea** (mari di sabbia) e **dune fields** (campi di dune).

I criteri di distinzione sono l'estensione e la percentuale di copertura di sabbia (in forma di affioramento indistinto e/o di dune).

Secondo Embabi (1998), il SAND SEA è una distesa di sabbia che supera i 5000 kmq con una copertura superiore al 50%. Per estensioni e/o percentuali di copertura inferiori l'area viene definita DUNE FIELD.

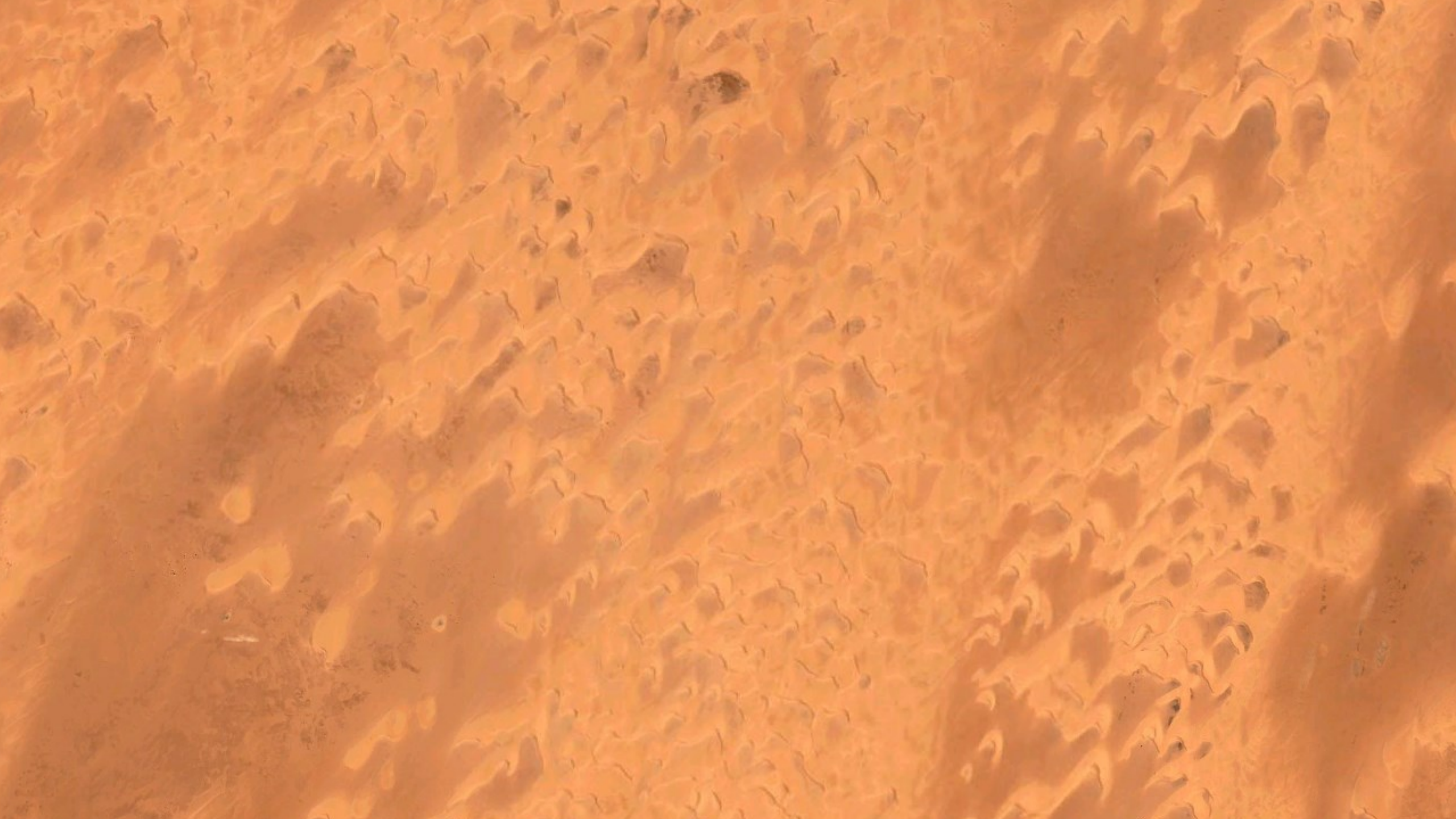


Erg









## Playas (anche alkali flats, sebkhas, dry lakes o mud flats)

---

Depressione a fondo piano raramente inondata. Le playa si formano nei bacini desertici endoreici o lungo le coste di regioni aride o semiaride. L'acqua che genera gli allagamenti periodici filtra nel sottosuolo o evapora, determinando la deposizione di sale, sabbia e limo al fondo e sui margini della depressione.





# Playa

- Limi e argille misti a sale alcalini, quasi sempre asciutte o ricoperte da un velo d'acqua quando piove.
- Talvolta, con forti precipitazioni, danno vita ad un lago effimero (lago di playa)
- L'acqua proviene dalle precipitazioni piovose o dalla risalita della falda ed è soggetta a fortissima evaporazione.
- Spesso sono proprio il fondo di un antico lago, con sedimenti essiccati



# Playas (salt pans, pans, hardpan, salares, ecc.)

---

Se la superficie è composta prevalentemente da sali allora sono definite come: **salt pans, pans, hardpan, laghi salati o piane salate, salinas, salares, kevir, bolson.**

**Spesso la distinzione terminologica è vaga**







## ESISTONO DIVERSE TIPOLOGIE DI PLAYA

(A)

Possono essere con fondo argilloso, duro e secco, di colore scuro, impermeabile

Non sono in collegamento con la falda freatica

Sale quasi assente (<5%)



Bonneville salt flat, Utah

## Playa (salt pan)

(B) Nei salt pans, il fondo è formato da silt e sabbie fini frammiste a efflorescenze saline, soffici e friabili

Colore chiaro o biancastro

Modesta risalita per capillarità delle acque di falda



# Cristalli di sale



Badwater (Valle della Morte)



# Playa

(C)

Crostoni di sale

Importante risalita della  
falda freatica ricca di  
sali

Accrescimento laterale  
con inspessimenti e  
sovrapposizioni





# Salar de Uyuni Bolivia

Il Salar de Uyuni è il fondo di  
un lago pleistocenico.



# Video

---

Dust Storm: <https://www.youtube.com/watch?v=3glyRZLZAR0>

Dust Storm <https://www.youtube.com/watch?v=V7Lq4YLrIk8>

Dust Storm <https://www.youtube.com/watch?v=jmeVZFNbR-A>

Flash flood <https://www.youtube.com/watch?v=mHJmfySkgMw>

Flash flood <https://www.youtube.com/watch?v=VD5GxluHN8>



Fine

---

