

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;

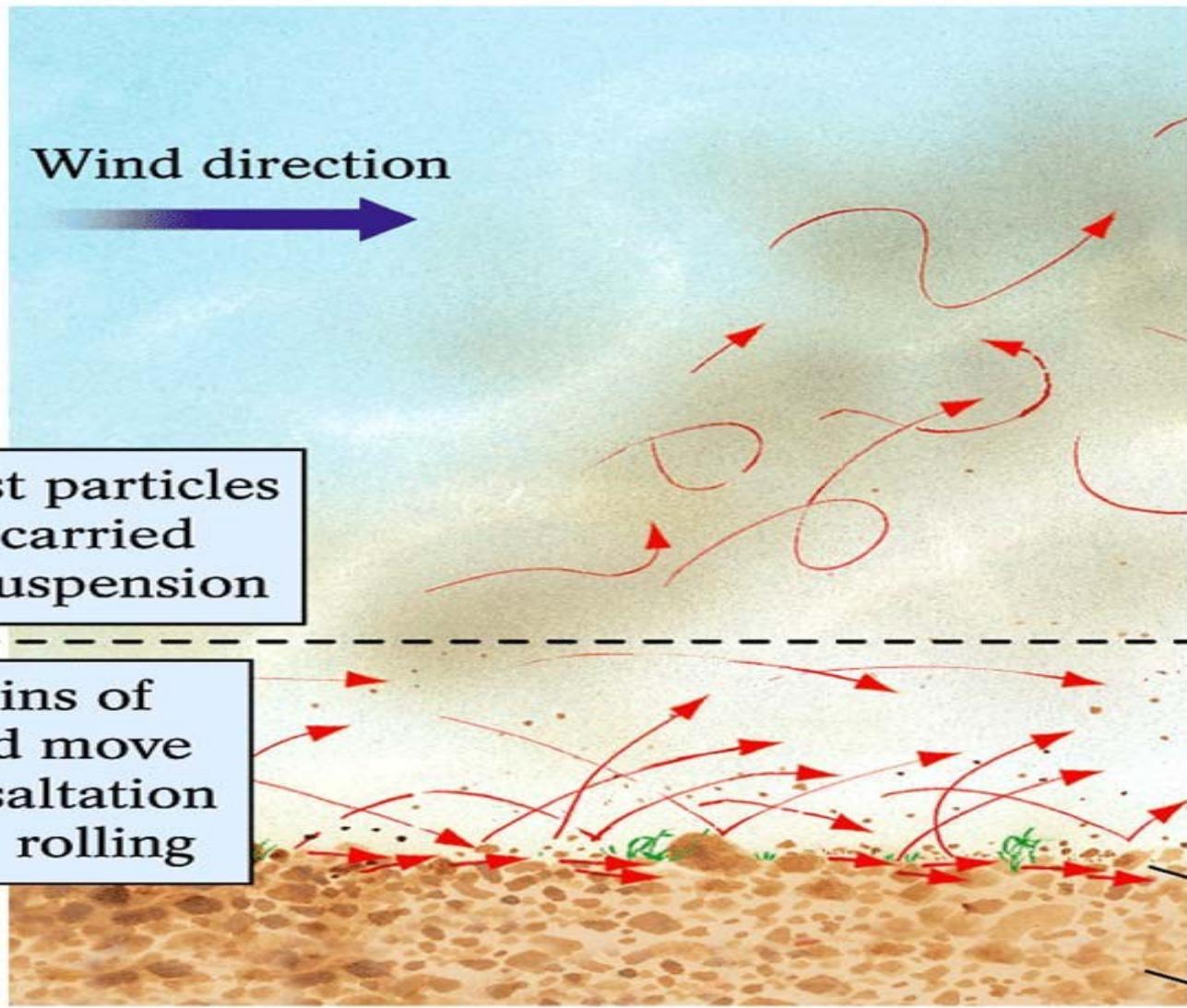
Per saltazione: sabbie (diametro frequente tra 0,1 e 0,2 mm)

In sospensione: polveri (diametro frequente tra 20 e 50 μm)

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





Dust particles are carried in suspension

Grains of sand move by saltation and rolling

Suspended load (to several kilometers)

Bed load (0.5-2 meters)

Dead-air layer (~1 cm)

Stable layer

(a)

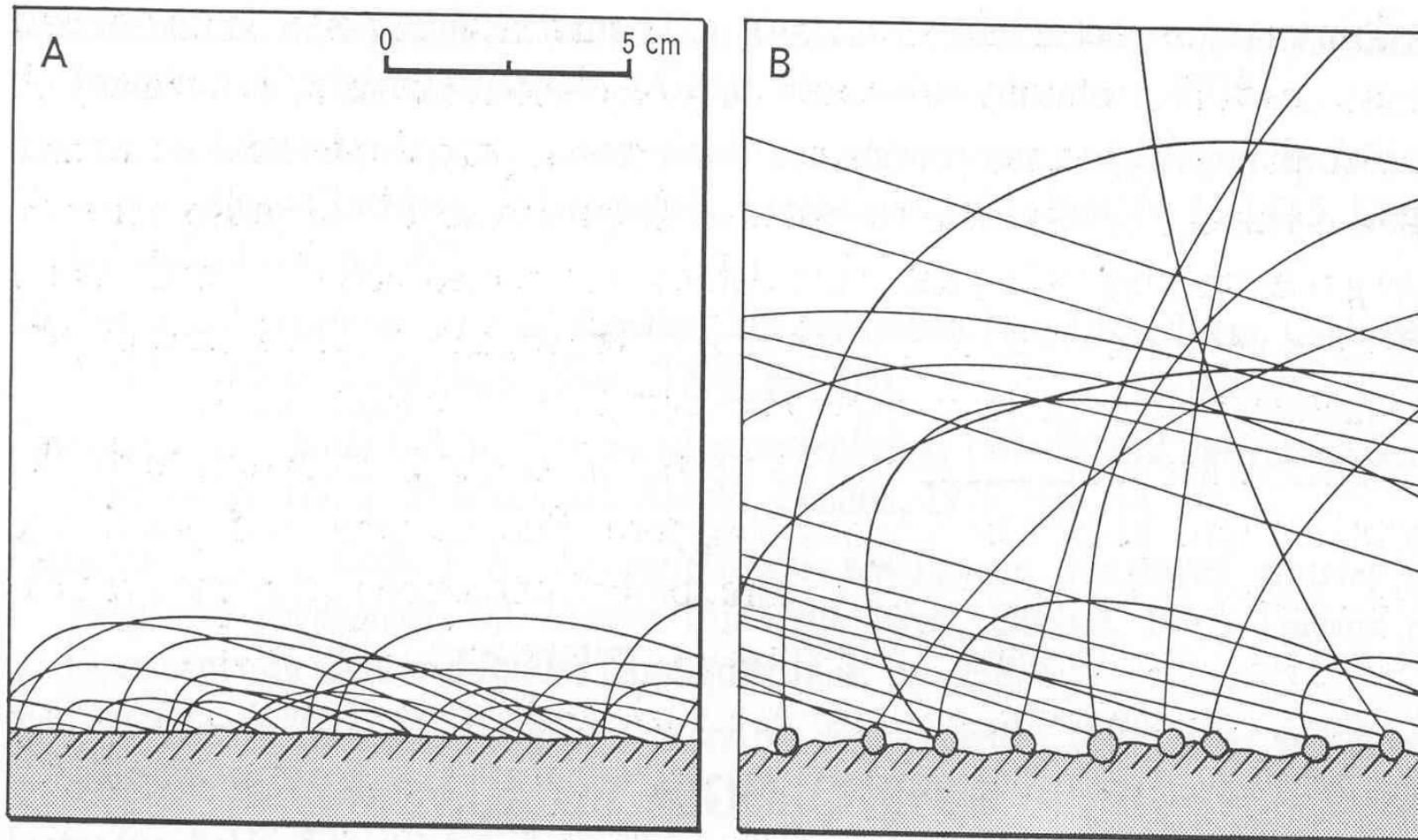
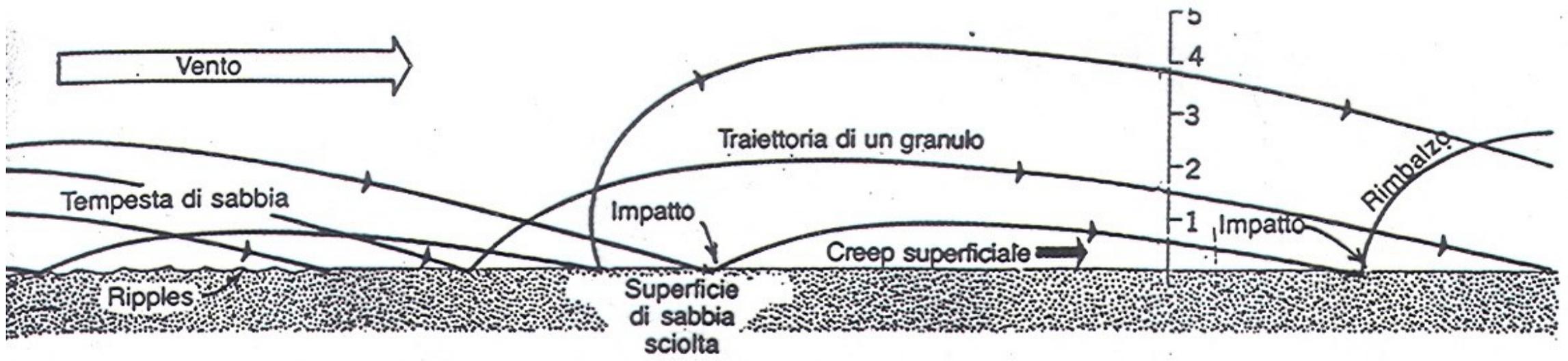


Fig. 12.1. Trasporto per « saltazione » dei granuli di sabbia spinti dal vento (secondo esperienze in laboratorio, da R. A. BAGNOLD, *The physics of blown sand and desert dunes*, Ed. Chapman & Hall Ltd).

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:

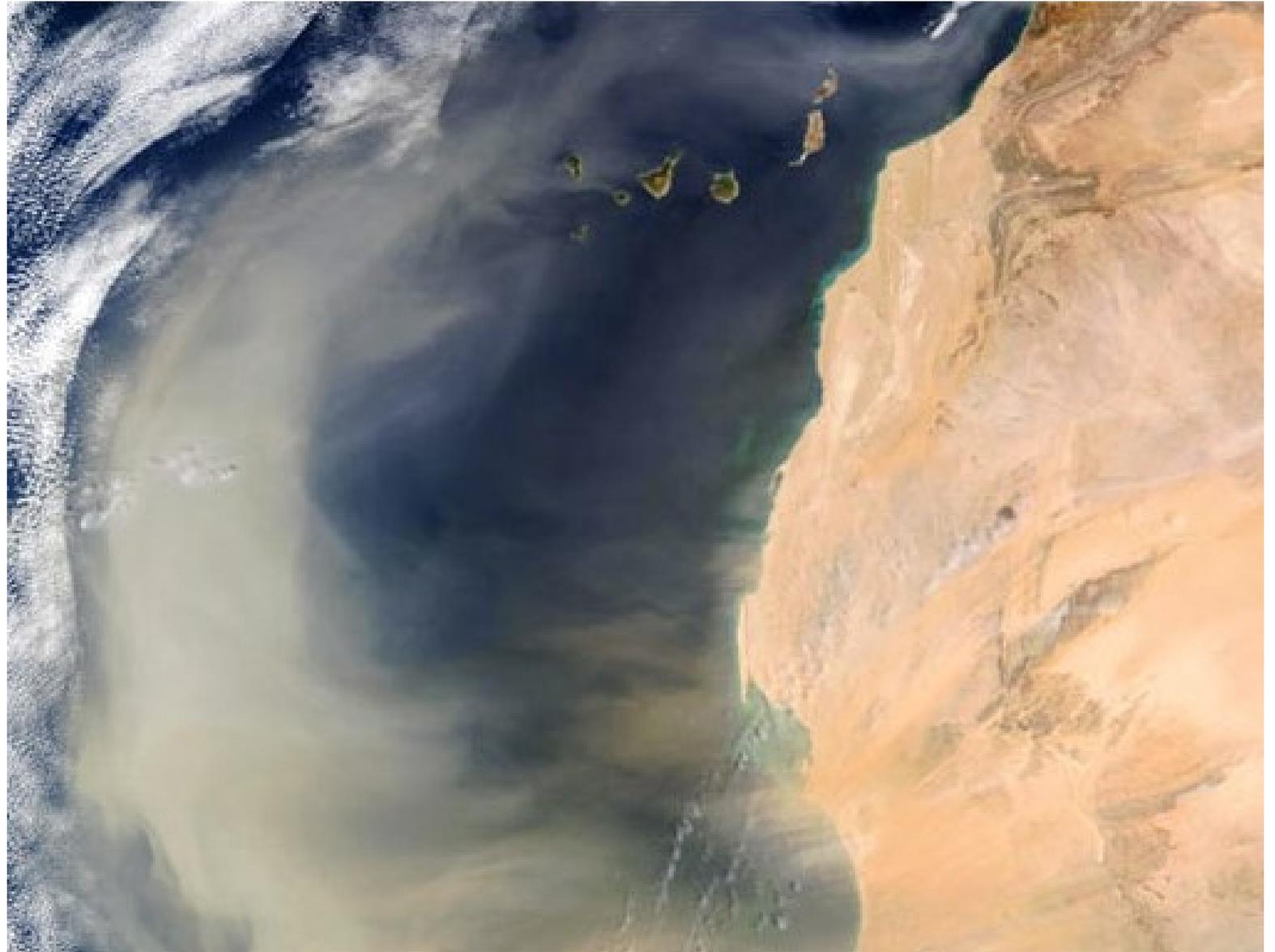
<https://www.youtube.com/watch?v=3glyRZLZARO>



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)

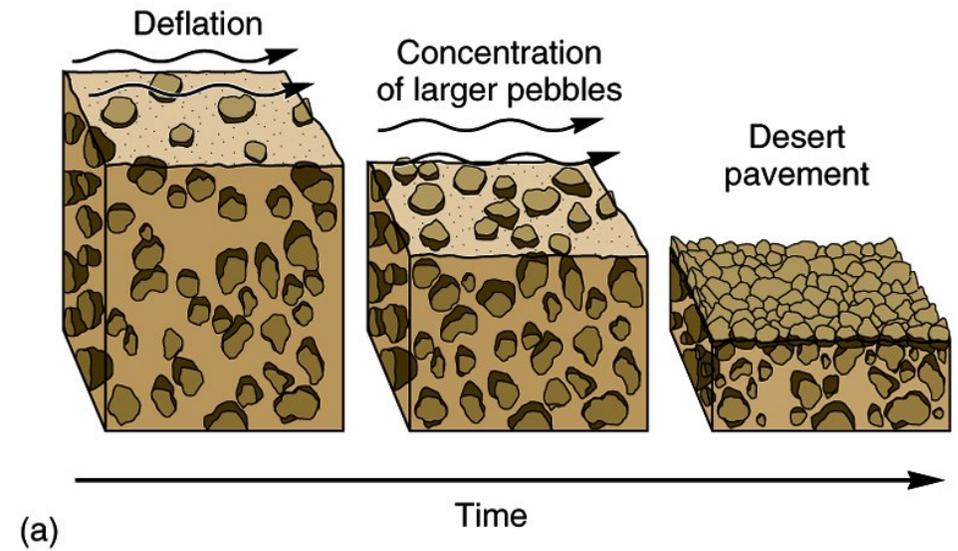
Deserto roccioso



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

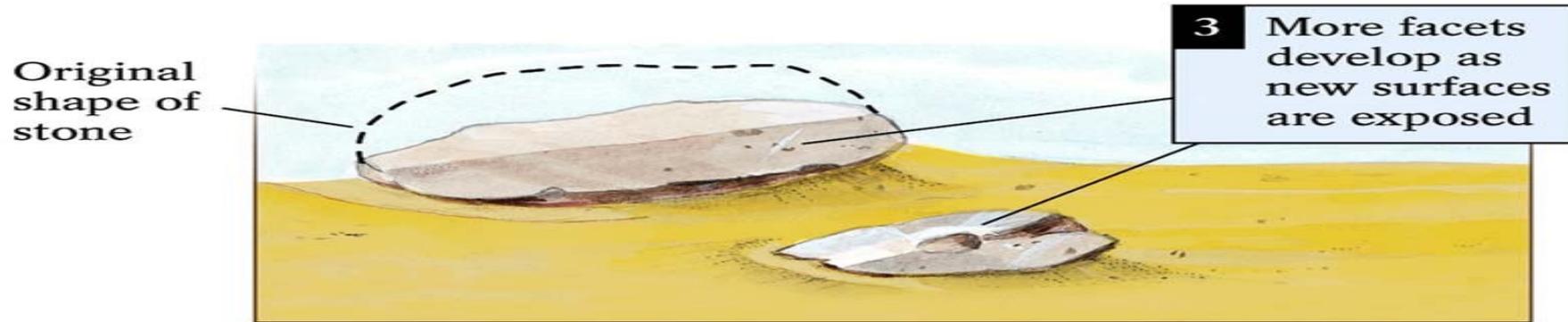
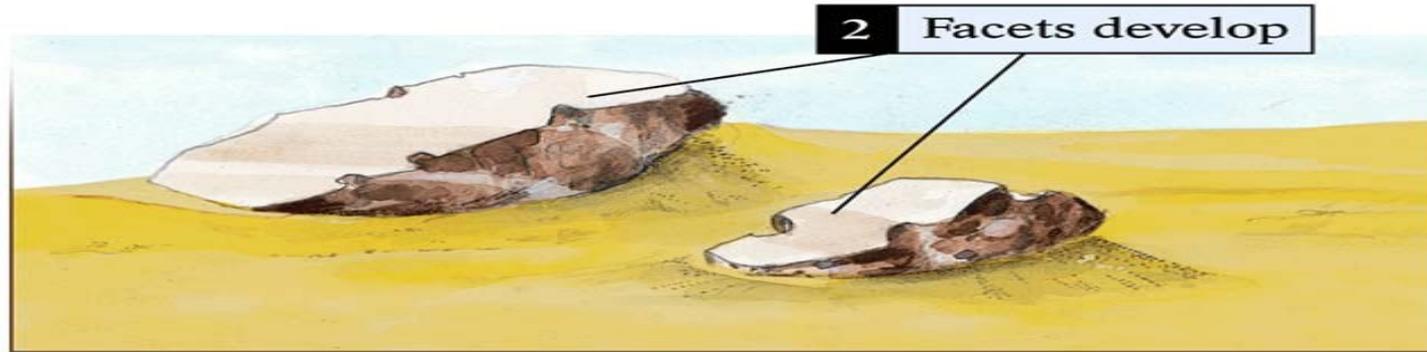
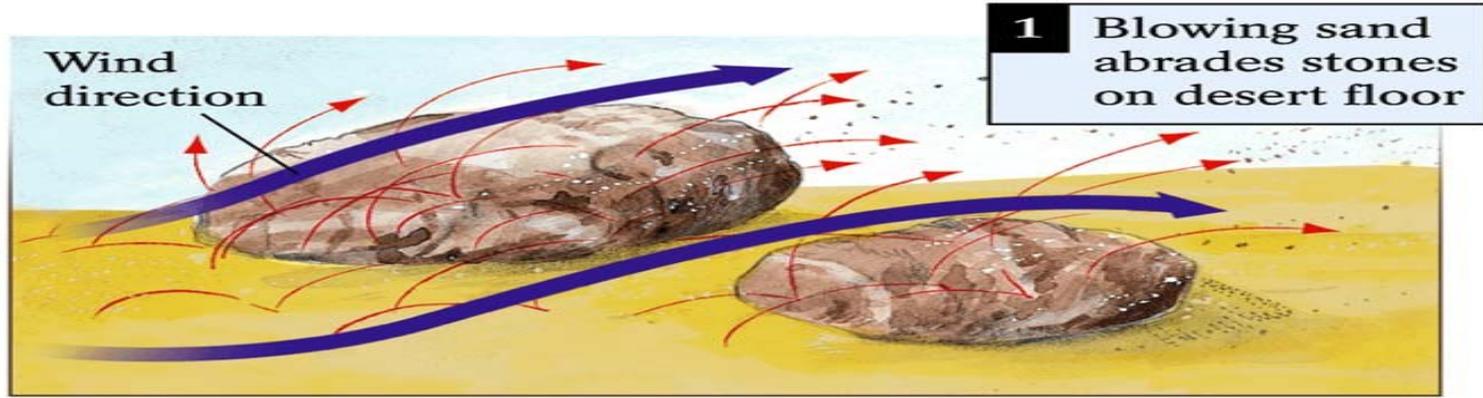


Fig. 12.2. Esempi di *ciottoli sfaccettati*.

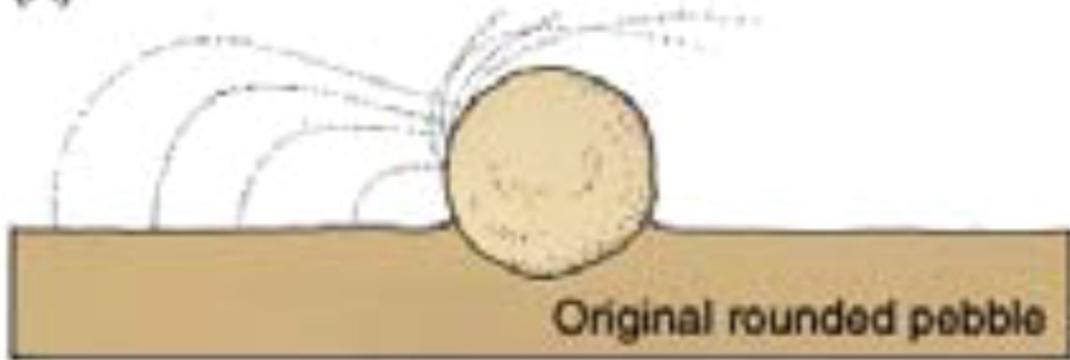


Angoli da 30° a 60°

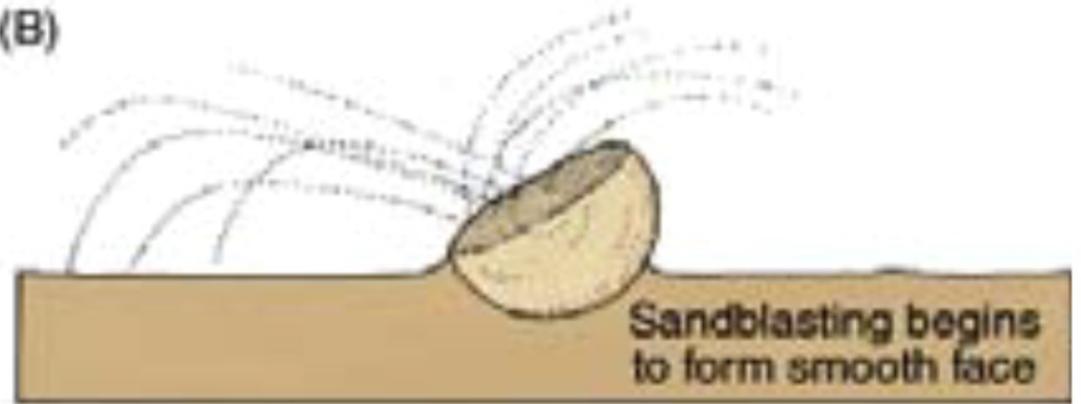




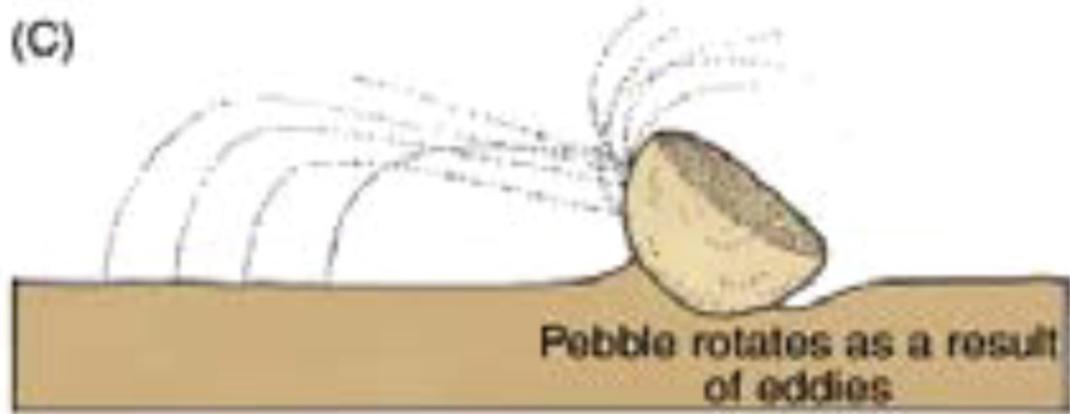
(A)



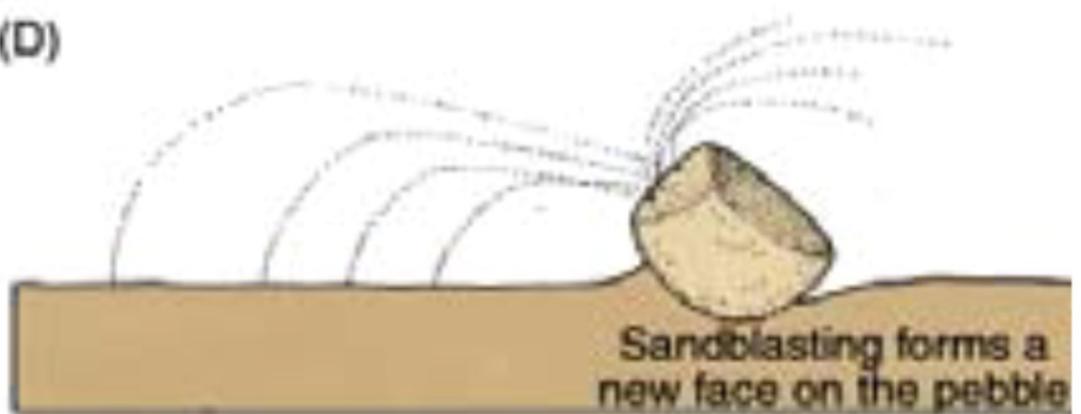
(B)

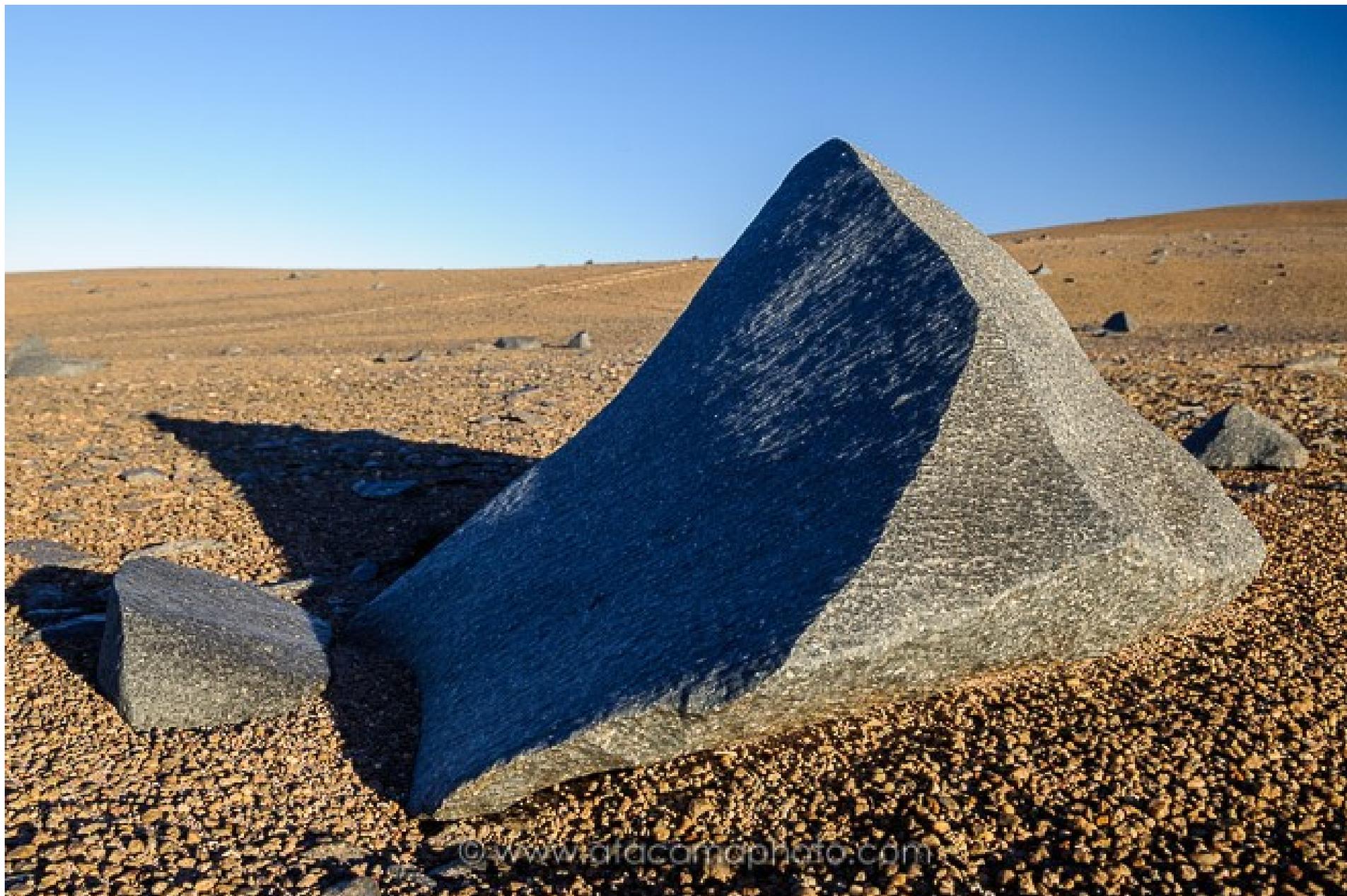


(C)



(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

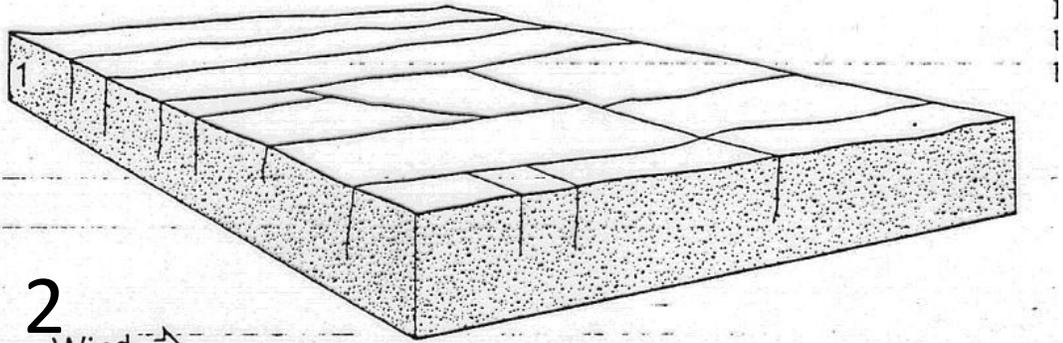
Lunghezza da qualche m a qualche km

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

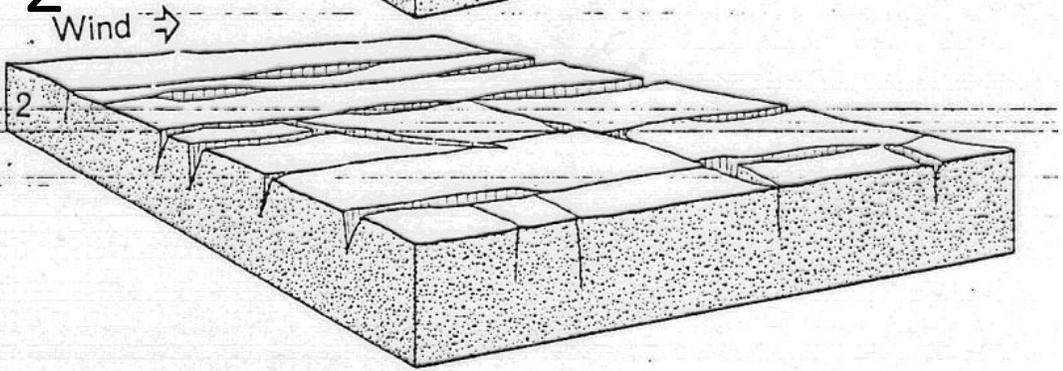


Yardangs

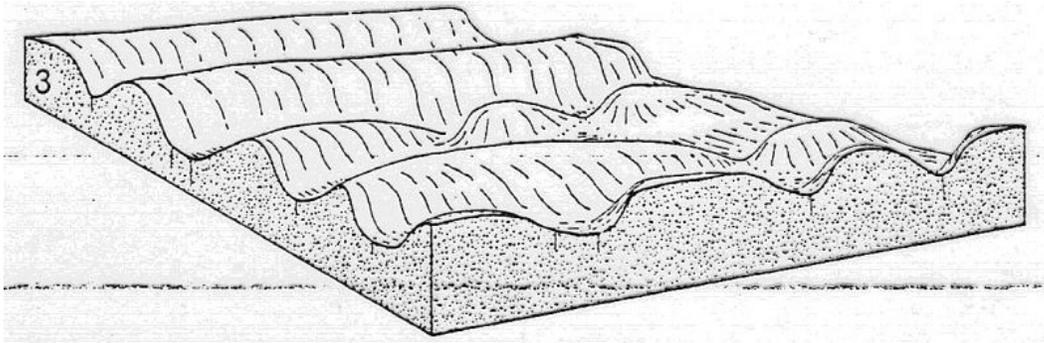
1



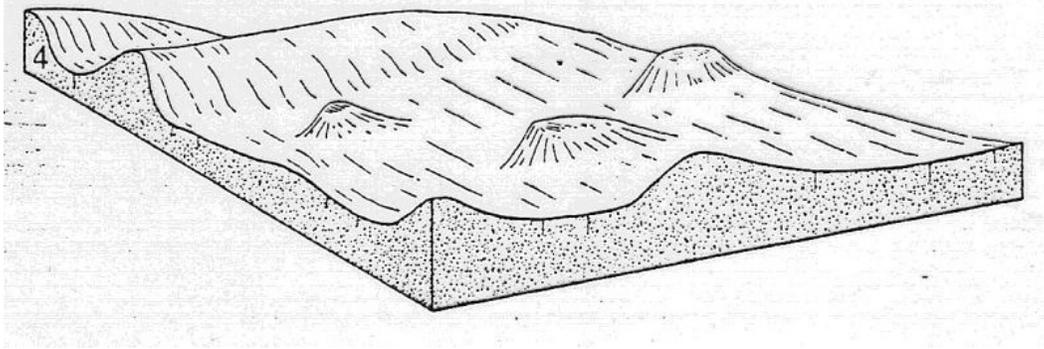
2



3



4



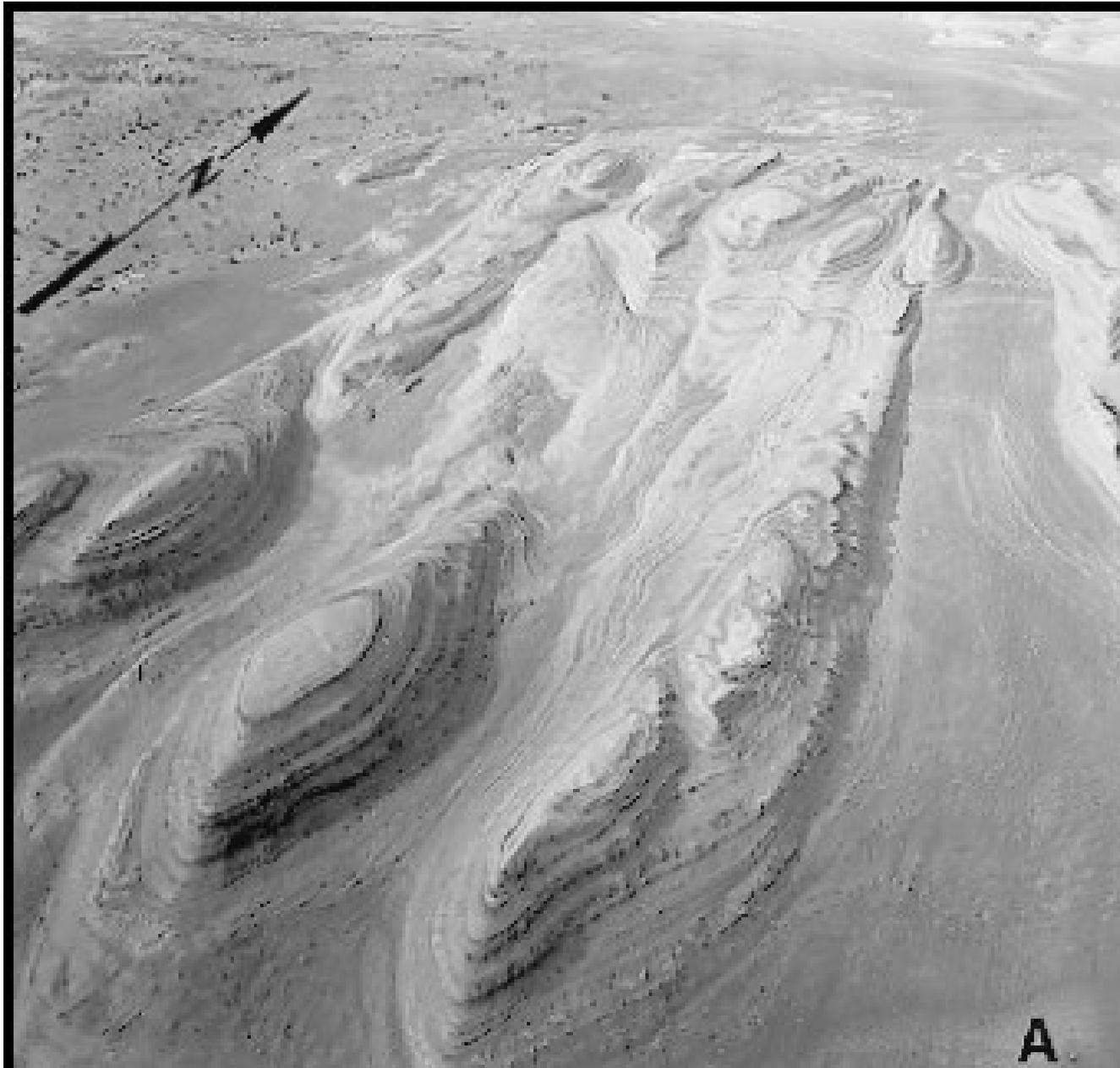
Yardang

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)

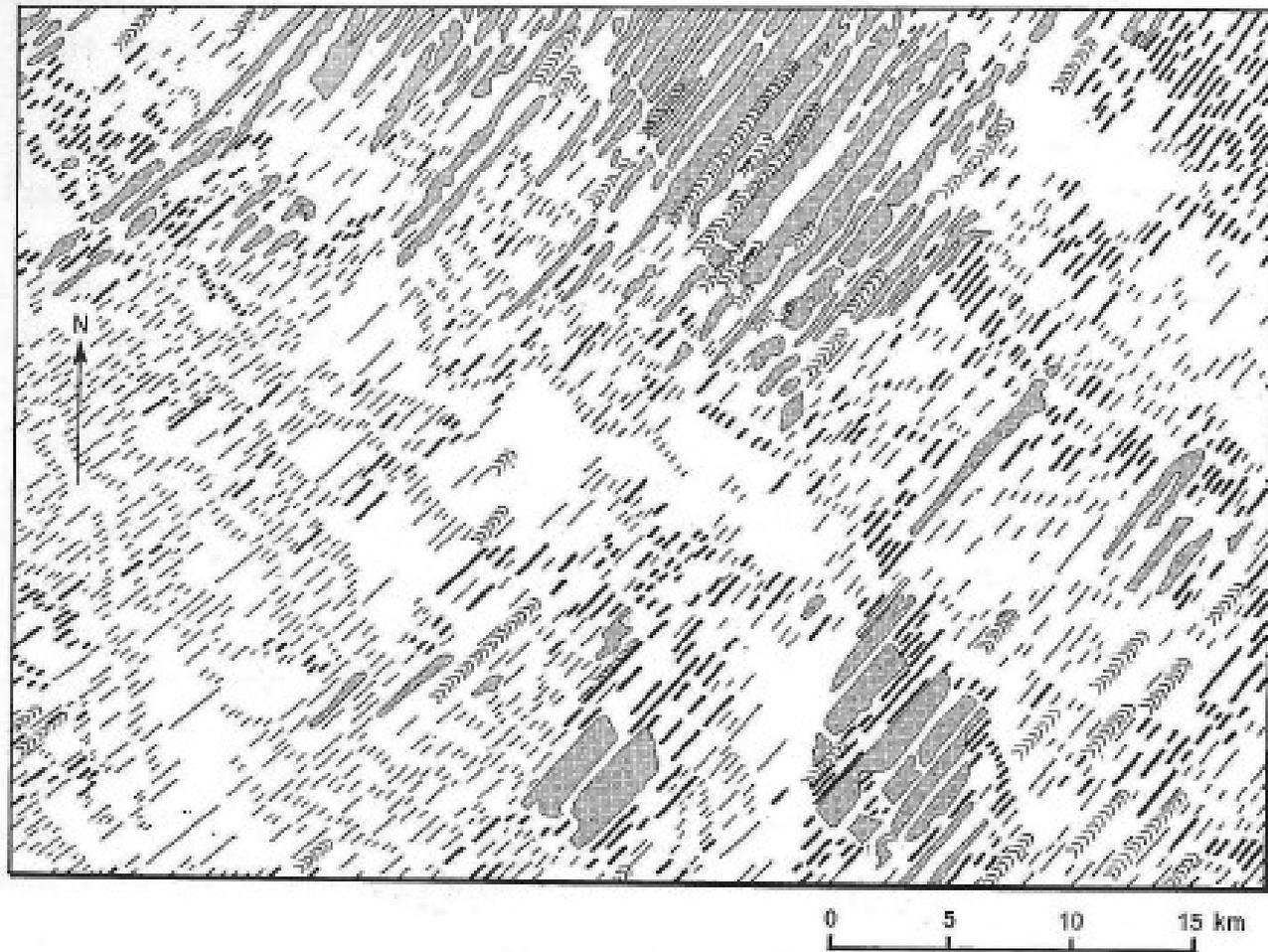


Fig. 12.3. Creste e corridoi modellati dalla corrosione nelle arenarie del Sahara (a SE del Tibesti). Particolare semplificato, ricavato da una carta a colori di M. MAINGUET, *Le modèle des grès*, 1972, edito dall'Institut Géographique National, Paris. Copyright I.G.N., autorizz. n. 99-2717 del 17-10-1978).

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



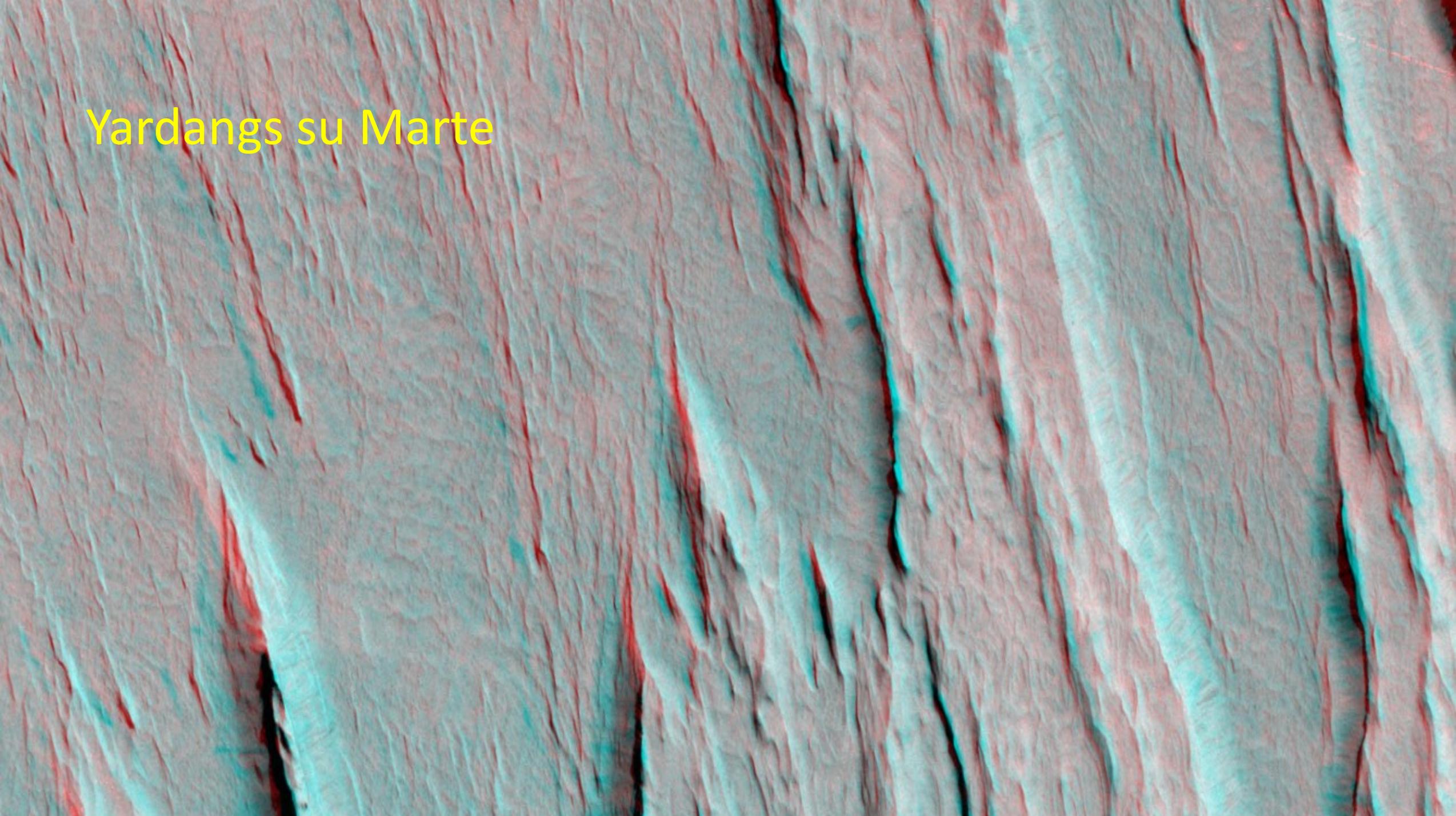
Yardangs

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 μm (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

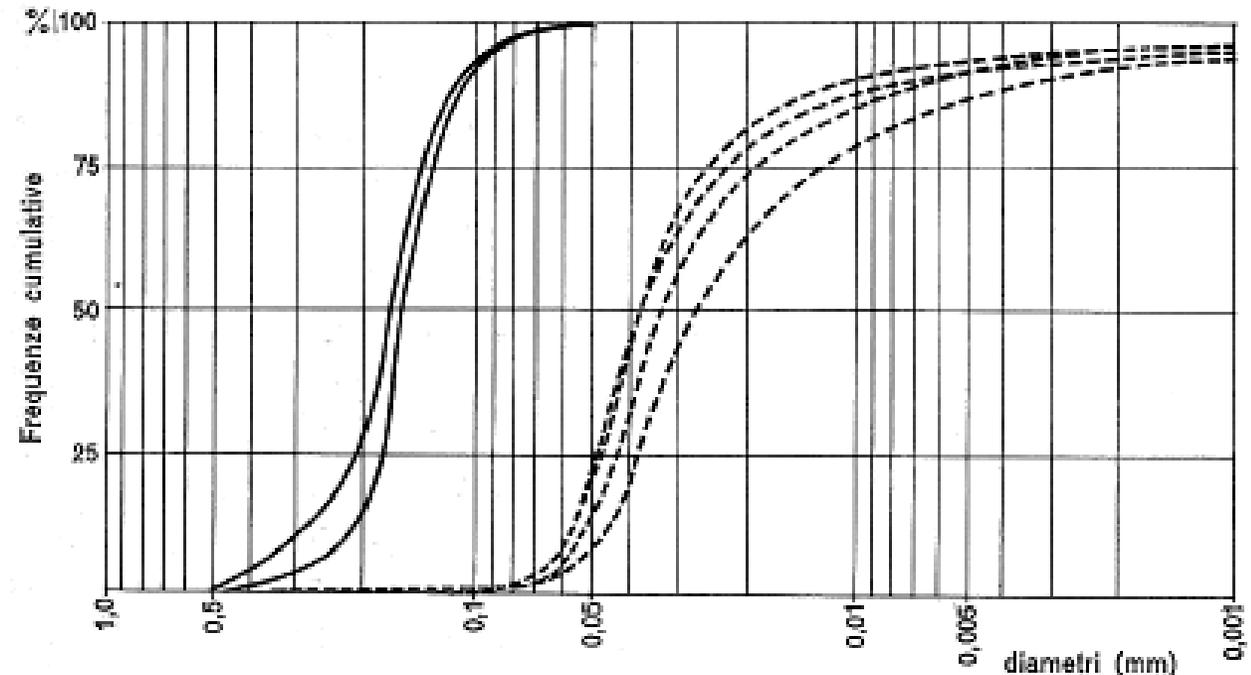


Fig. 12.4. Composizione granulometrica di alcuni depositi eolici.

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



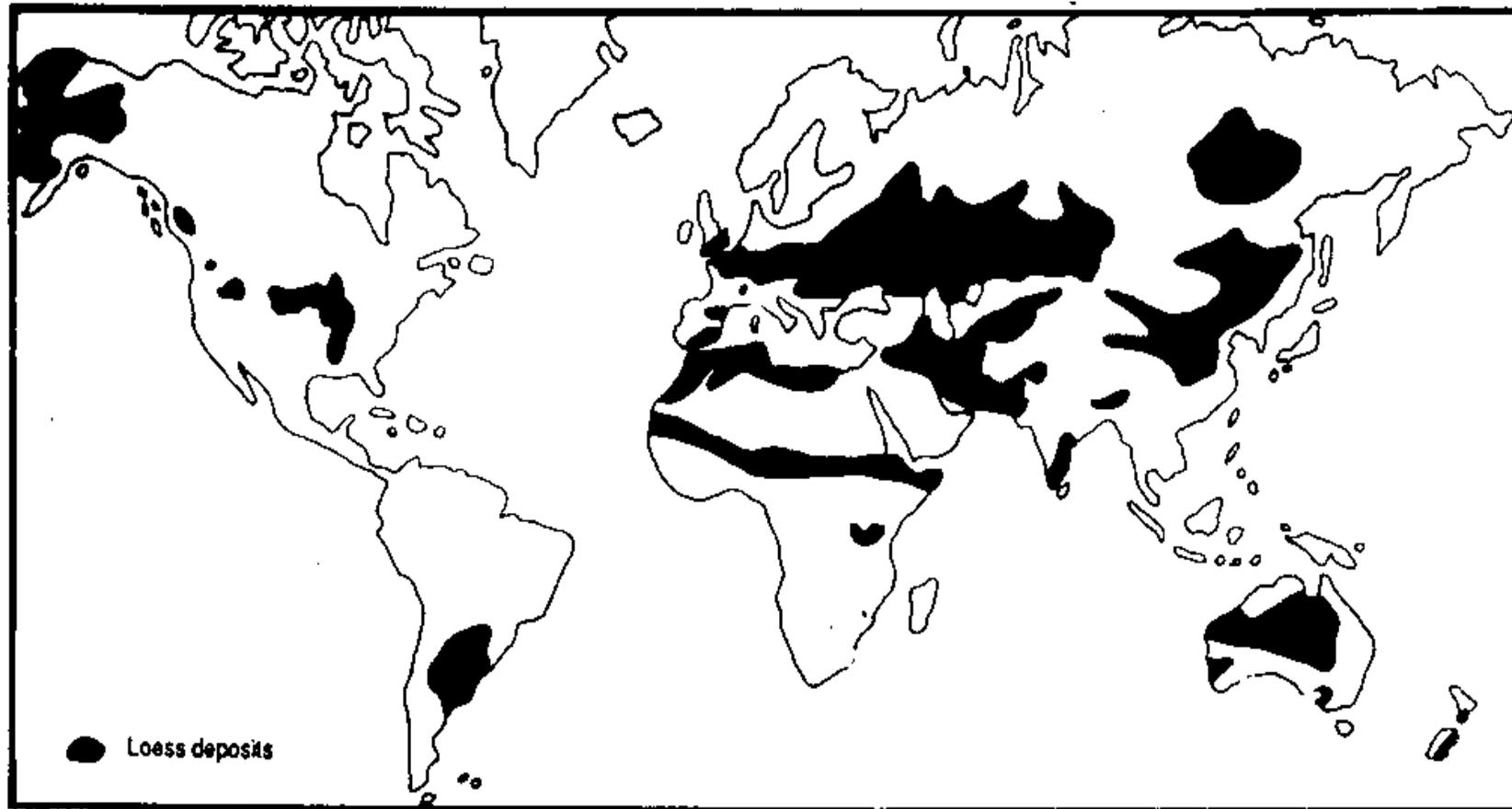
Area loess



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

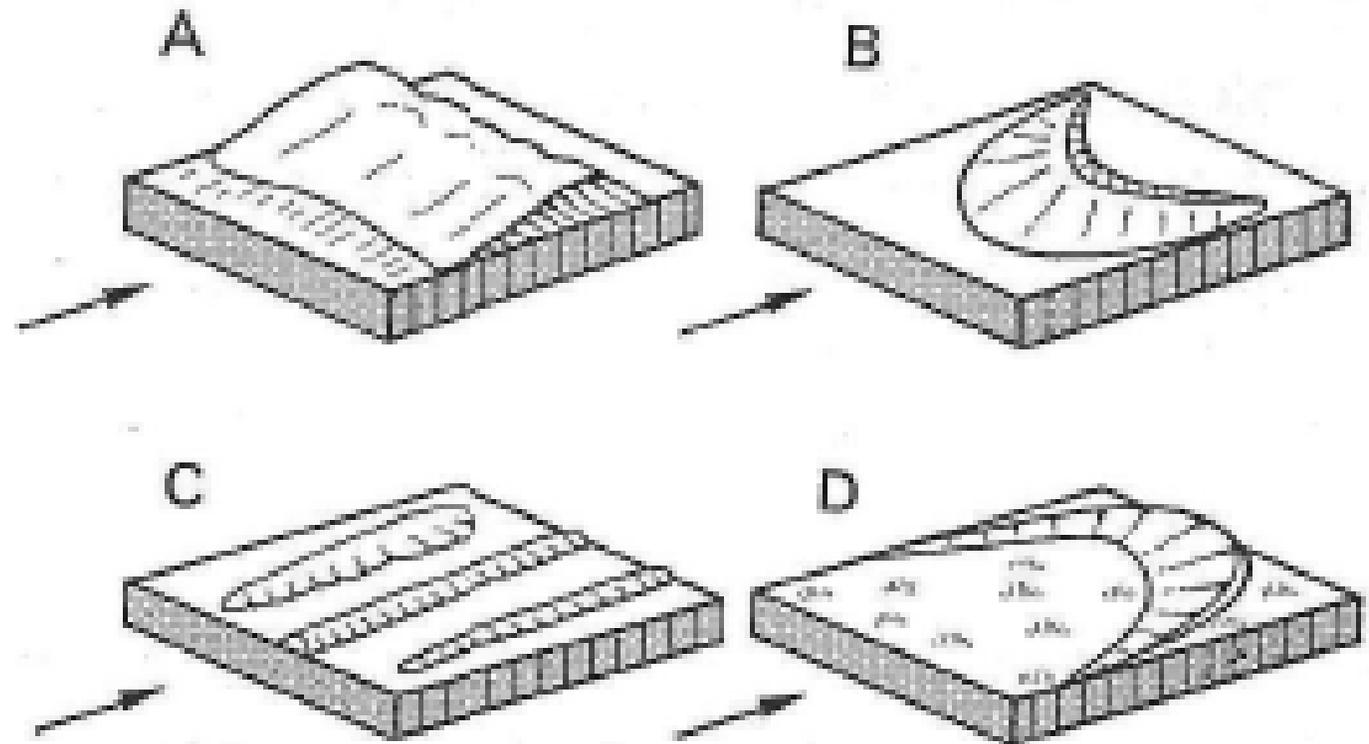
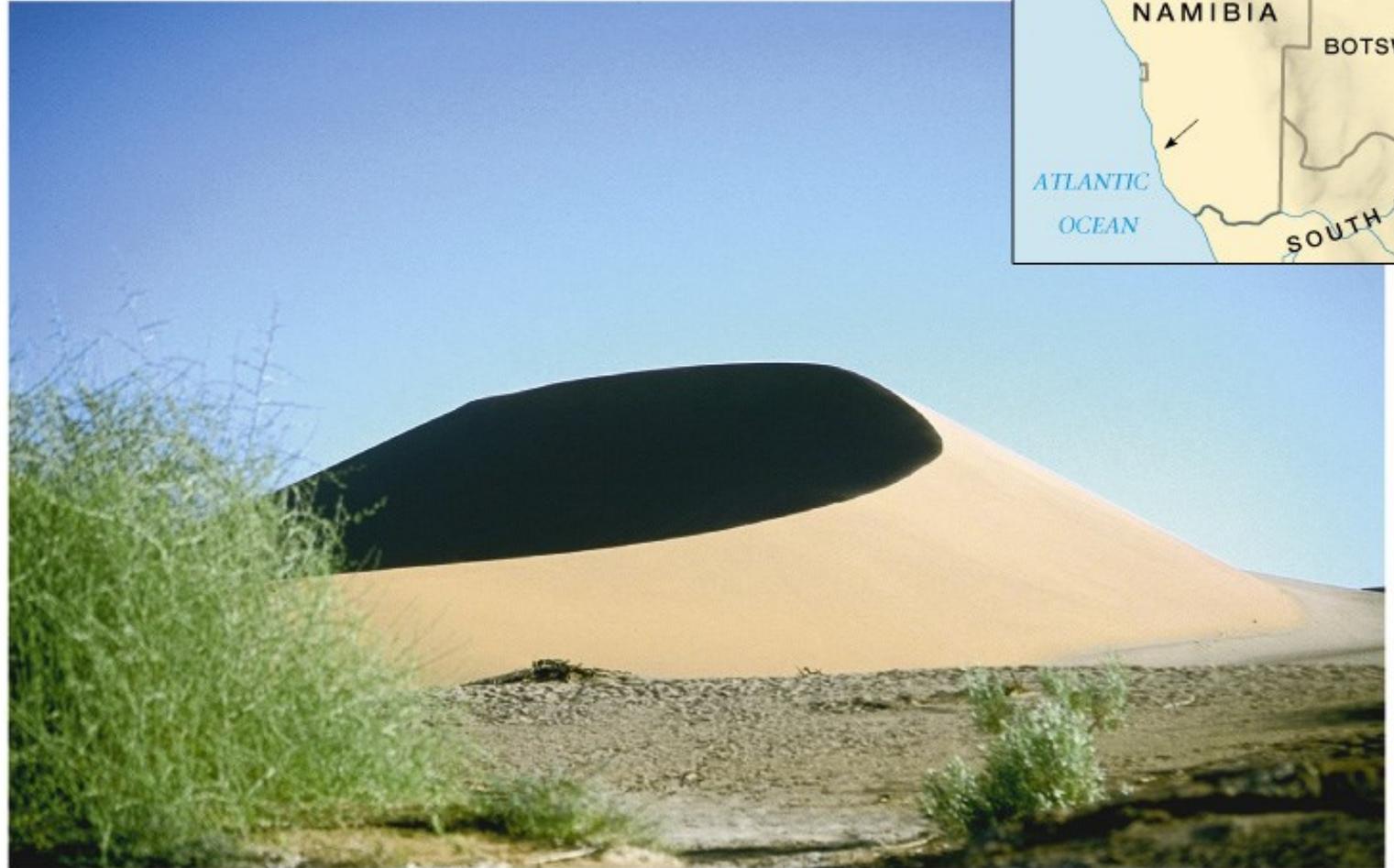


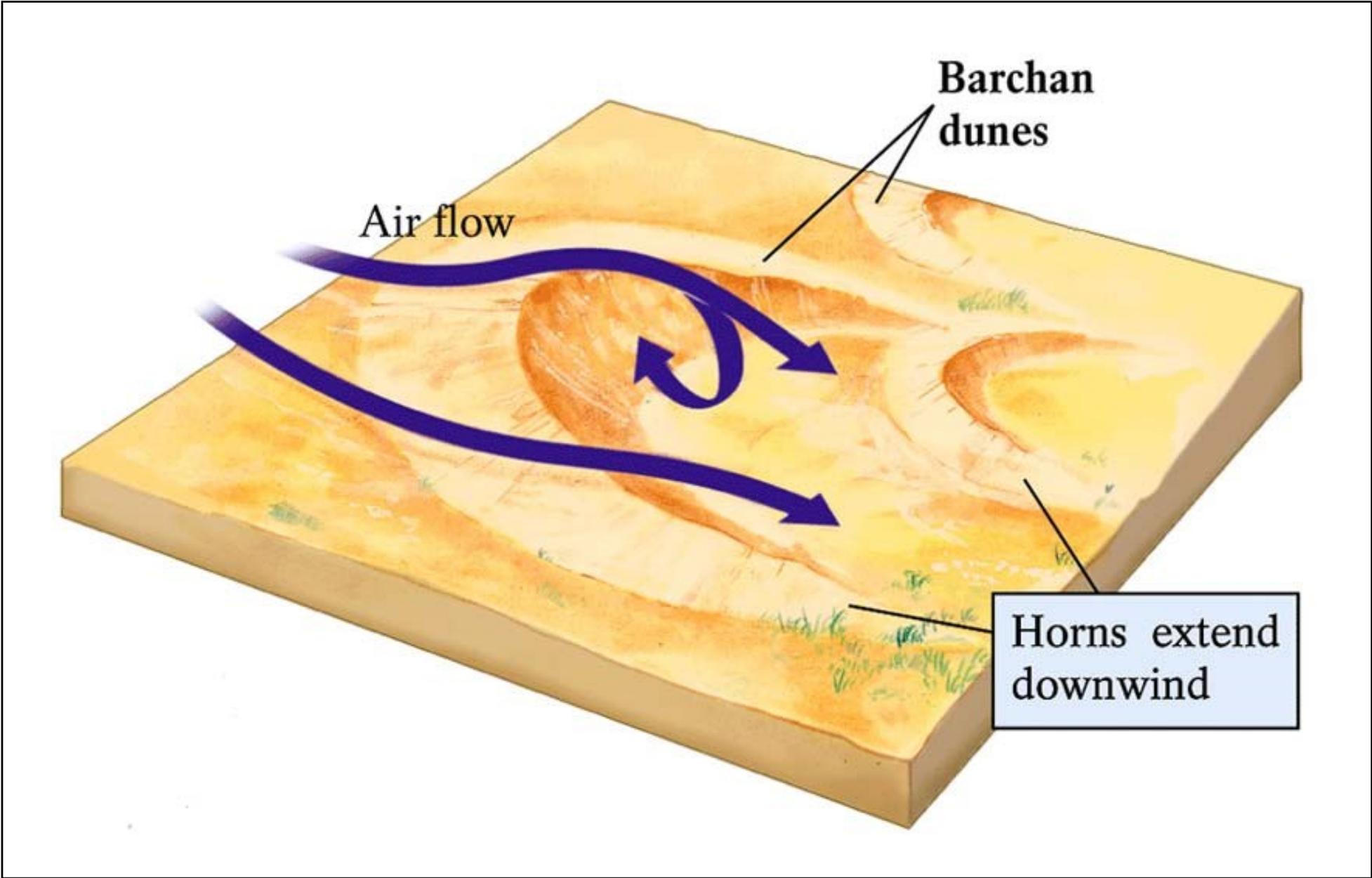
Fig. 12.6. Schemi di forme di dune (dis. di M. SCHWARZBACH, *Geologie in Bildern*, 1954).

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

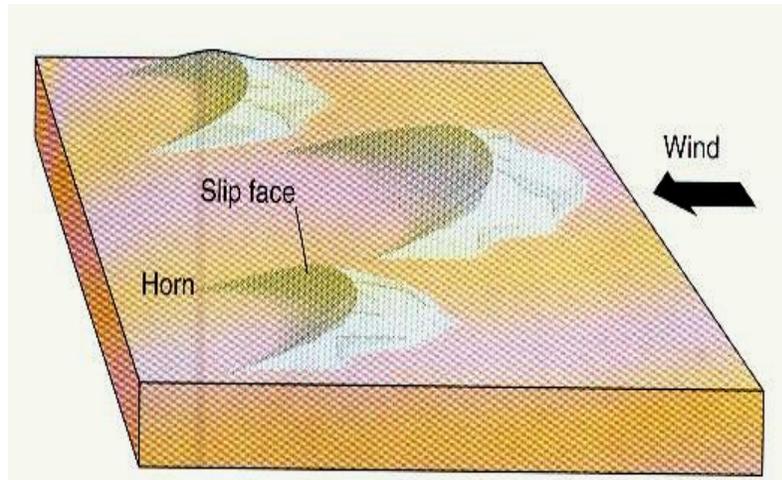
Barcane

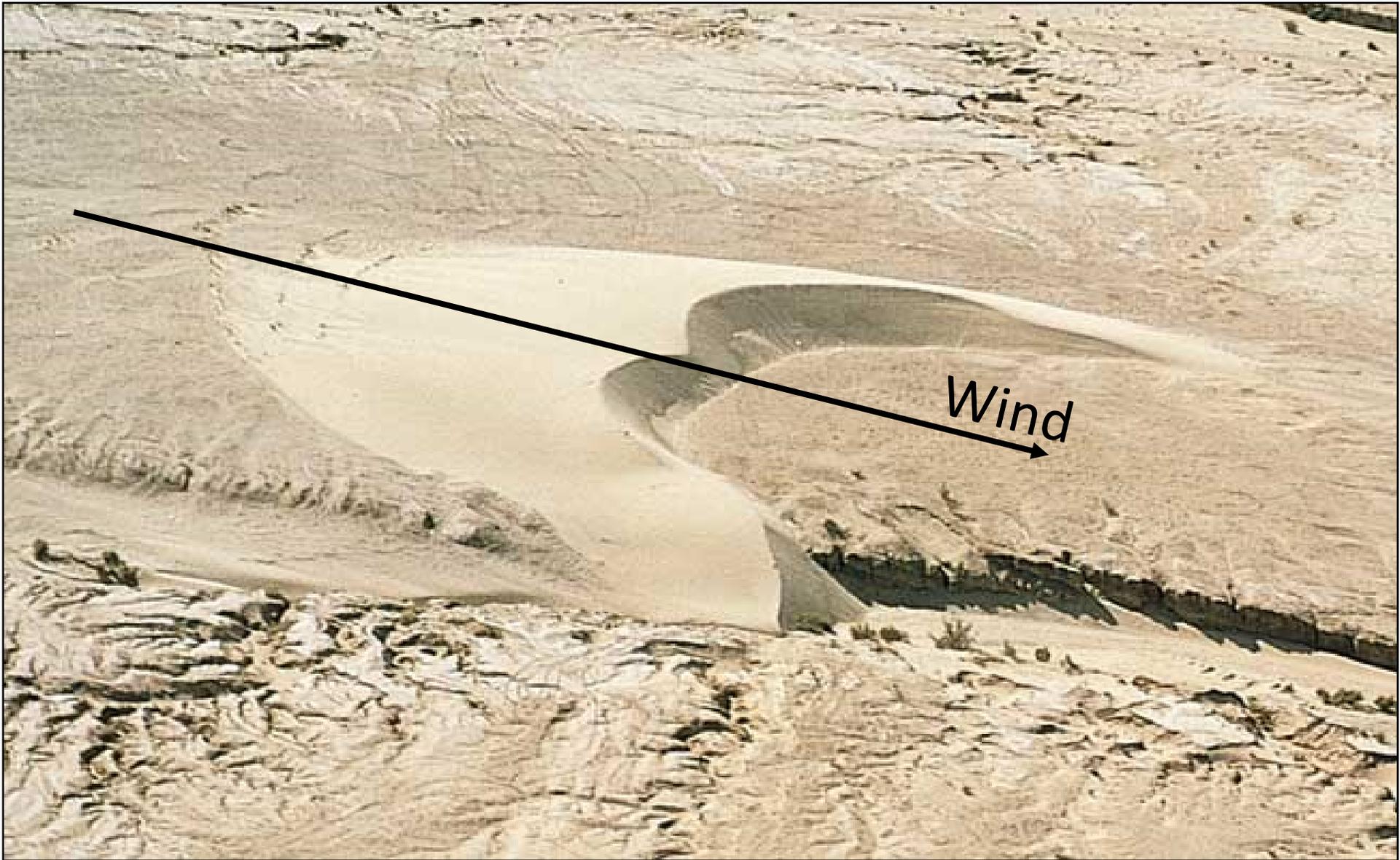
- duna mobile con convessità rivolta controvento;
- si forma in presenza di venti forti e costanti;
- bassa quantità di sabbia disponibile;
- possiede una forte velocità di movimento (25 m/a); comune in Asia centrale e nel Sahara;
- può superare il centinaio di m in altezza.





Barcana







Barcane

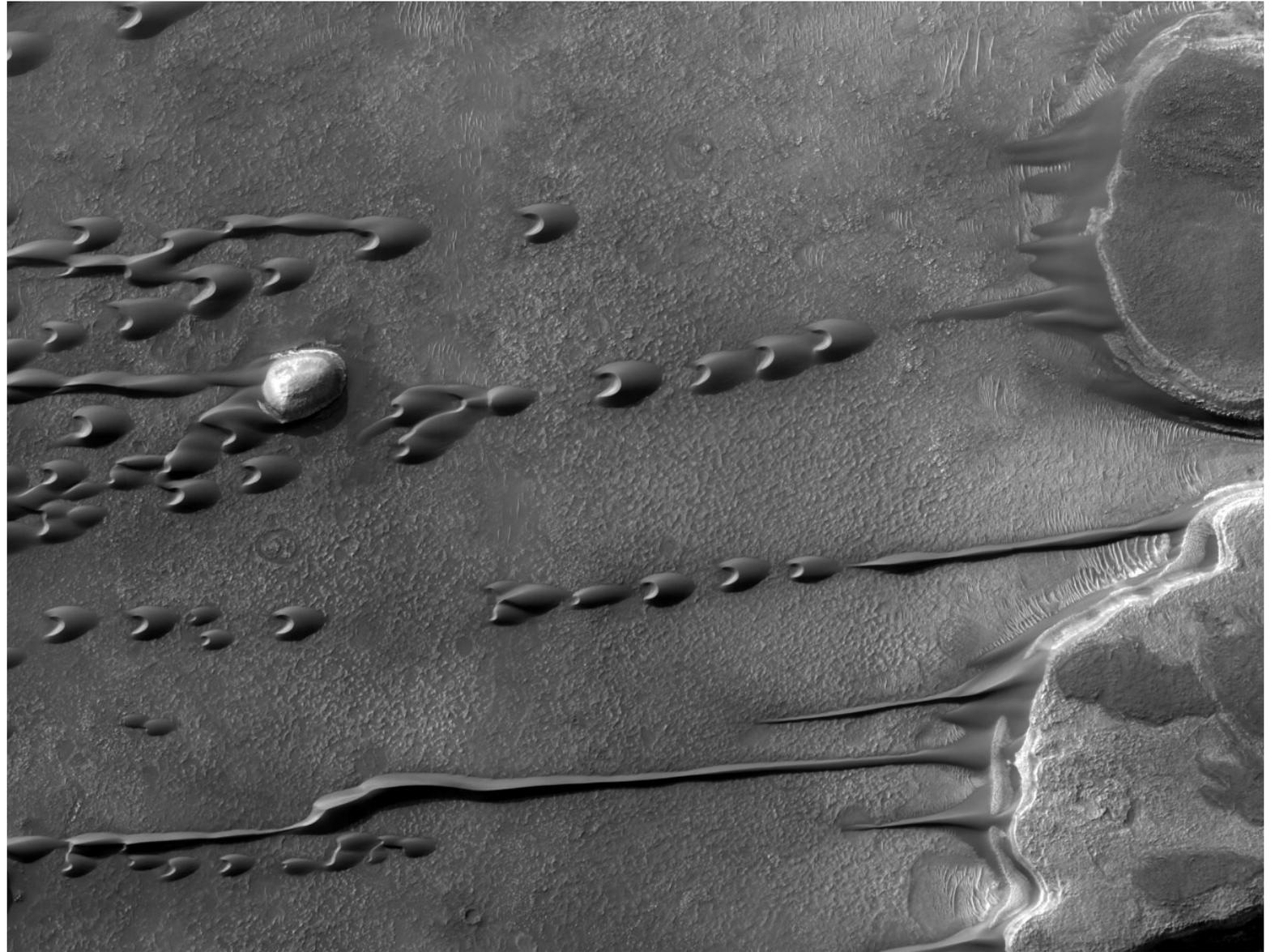


Barcana



Barcane su Marte

Barchan and linear dunes west of Hellas Planitia near 41.8°S , 315.5°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° rispetto alla disposizione delle barcane originarie.



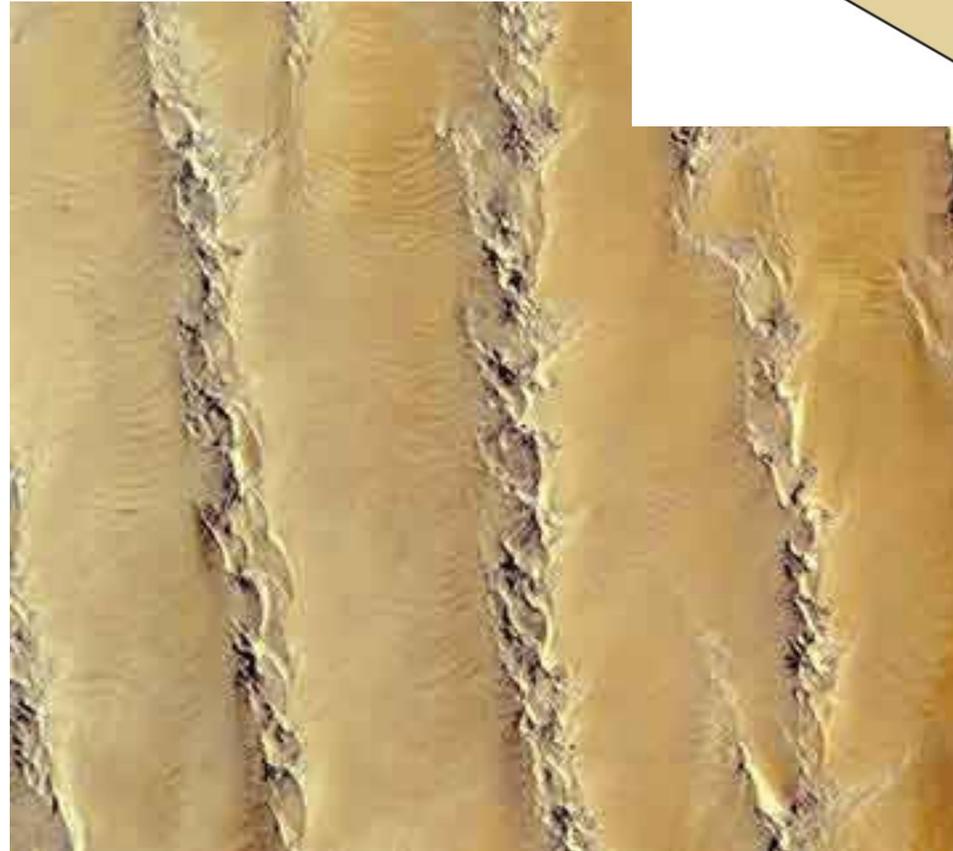
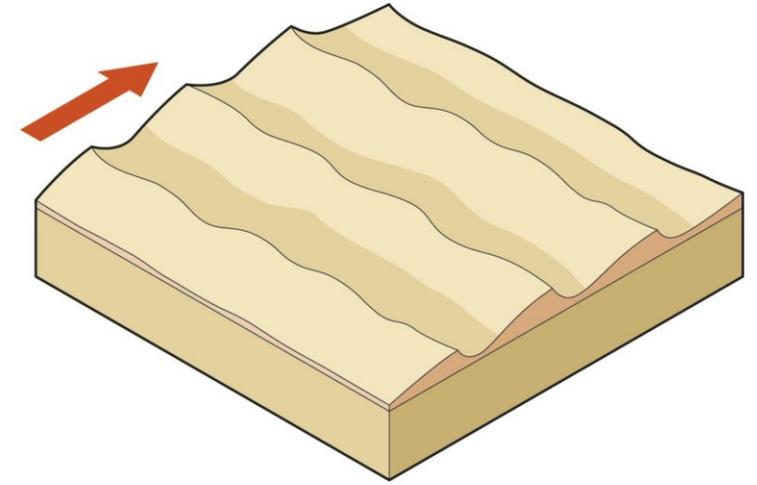
Barcanoid



Dune trasversali

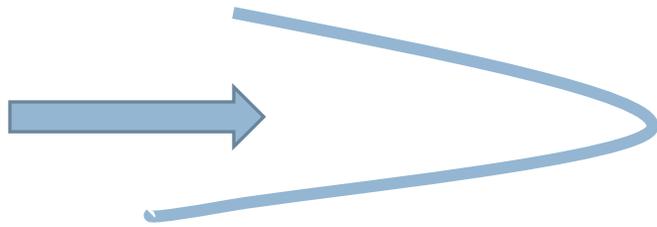
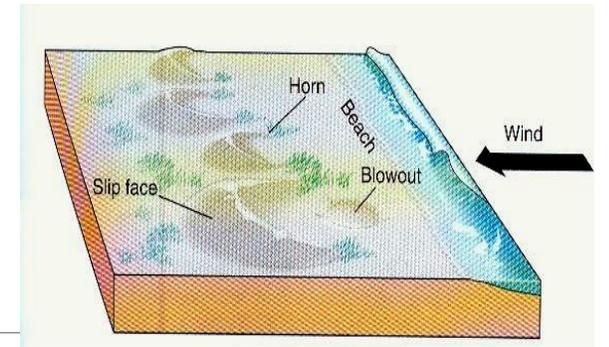
Dune trasversali

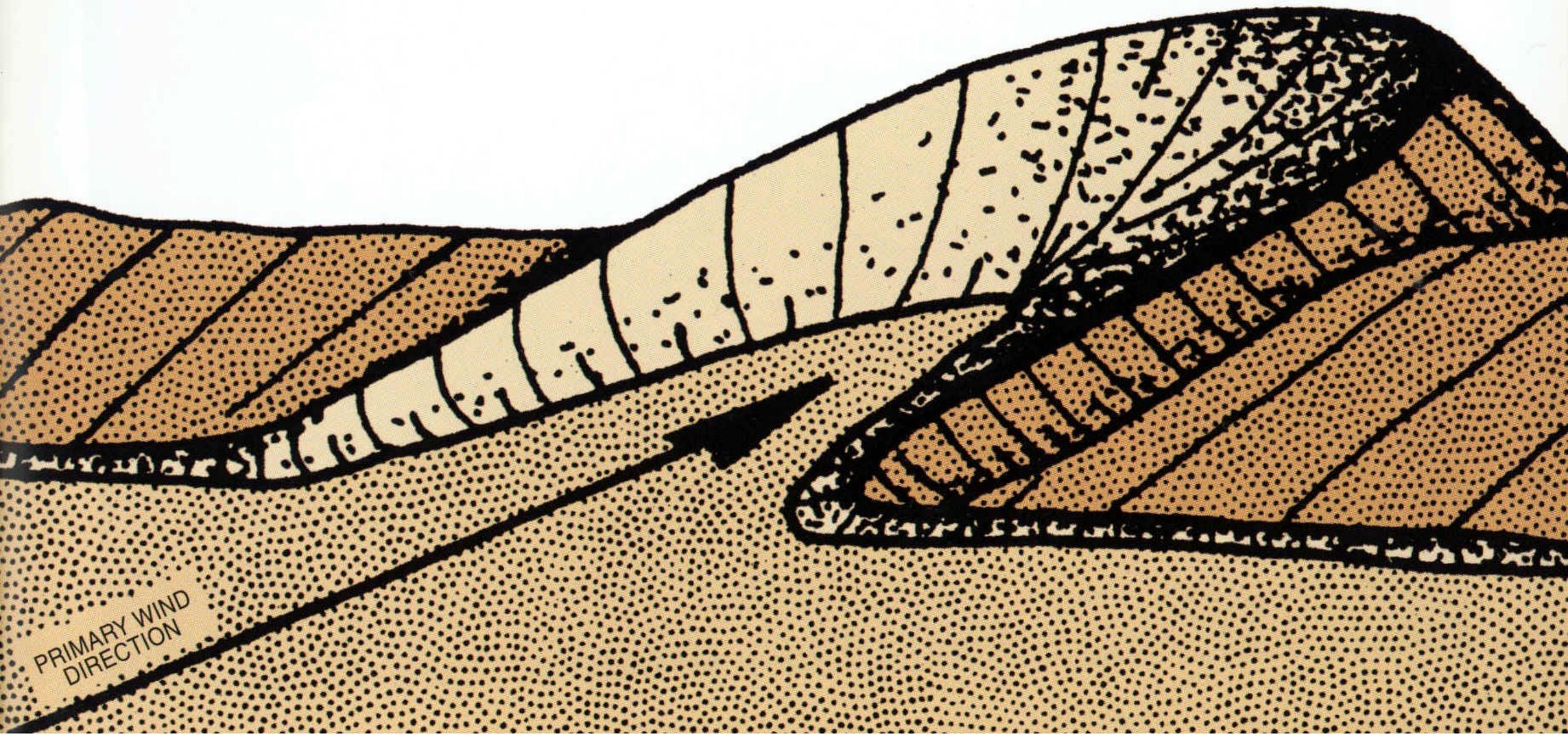
dune parallele,
perpendicolari alla
direzione del vento; si
deve disporre di grandi
quantità di sabbia; sono
generate da turbolenze
ritmiche del vento



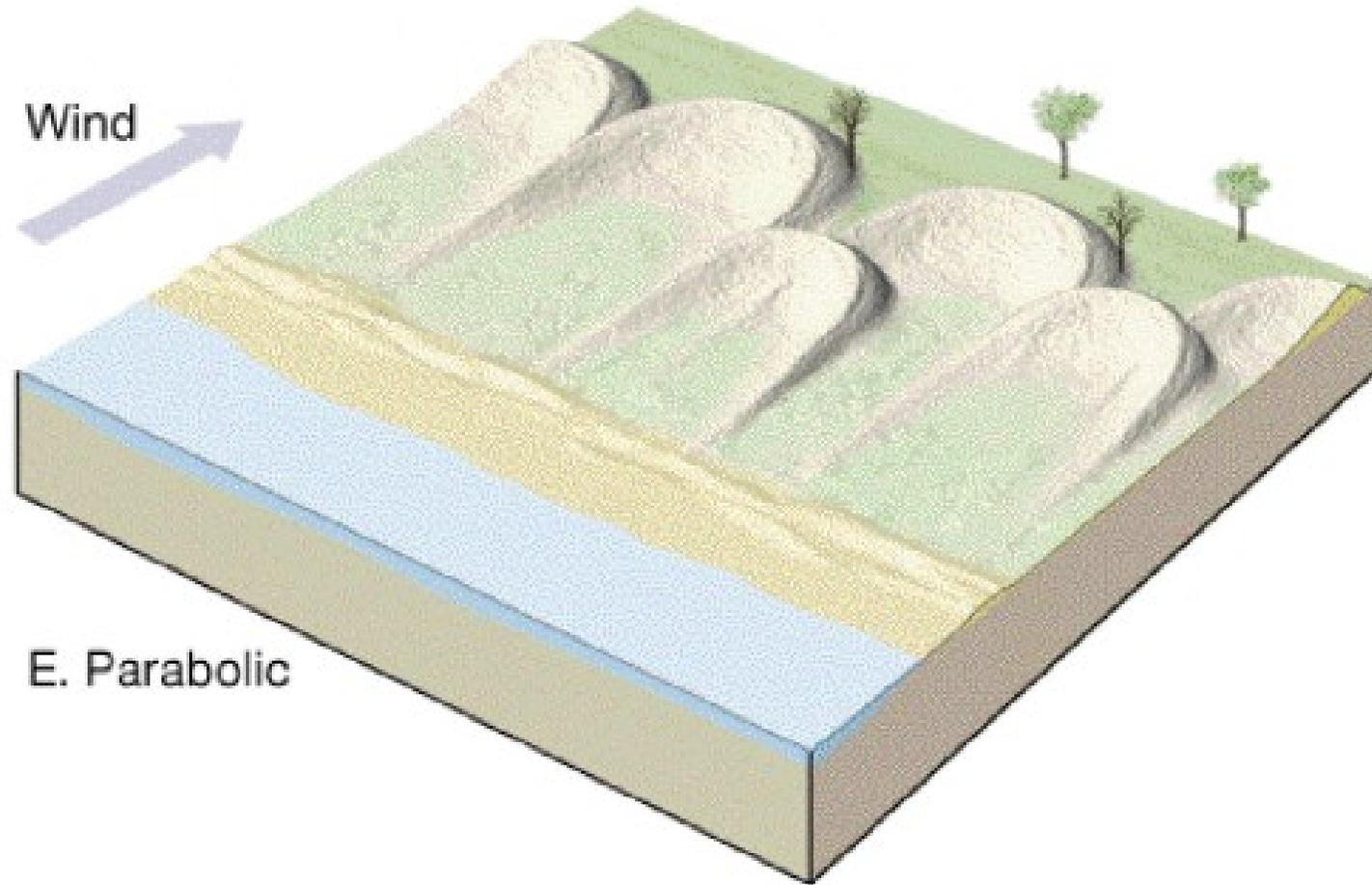
Dune parabolique

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



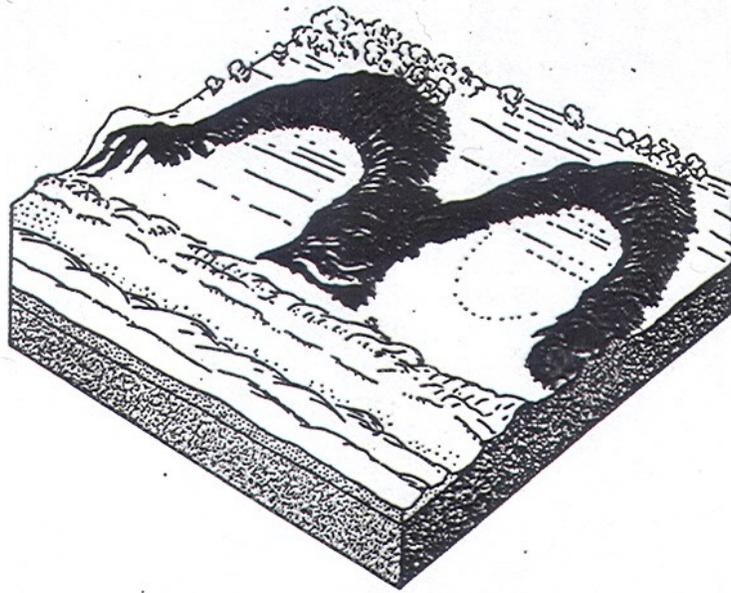


PRIMARY WIND
DIRECTION

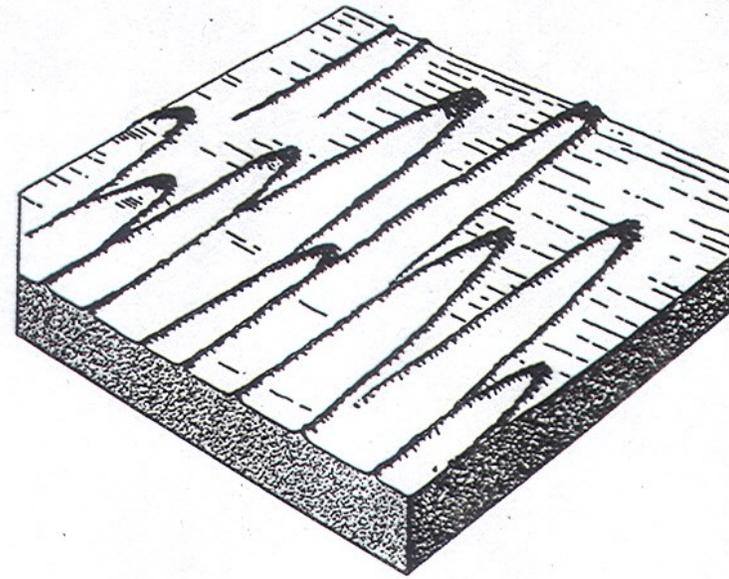


E. Parabolic

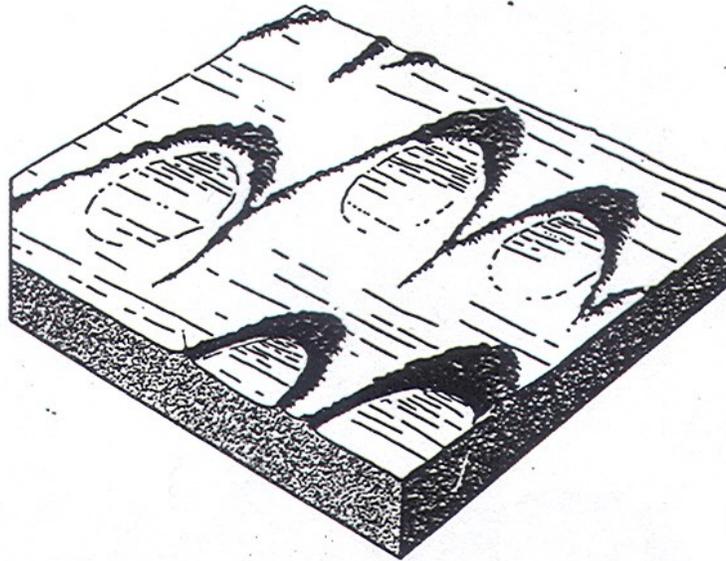




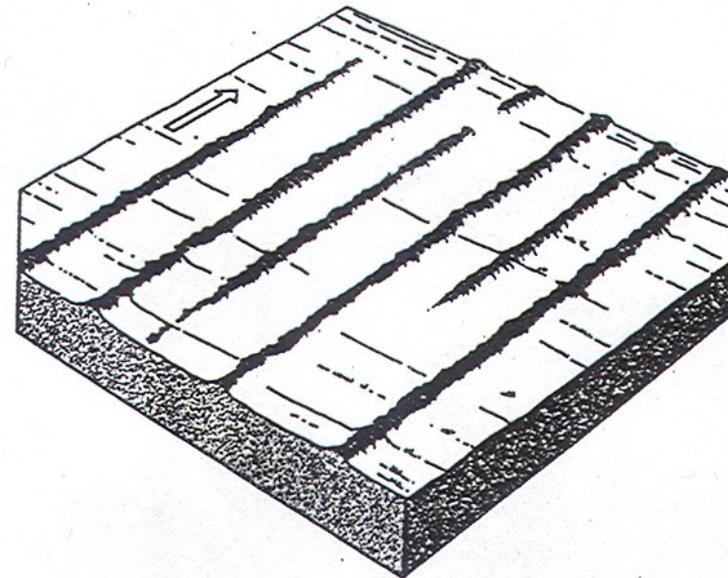
A. Dune paraboliche costiere con conche di deflazione.



C. Dune paraboliche del tipo «a forcina».



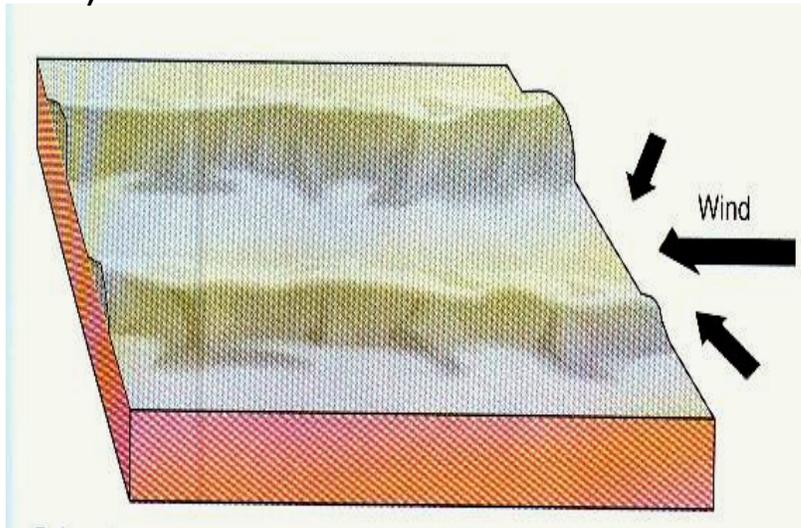
B. Dune paraboliche in una pianura arida.



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



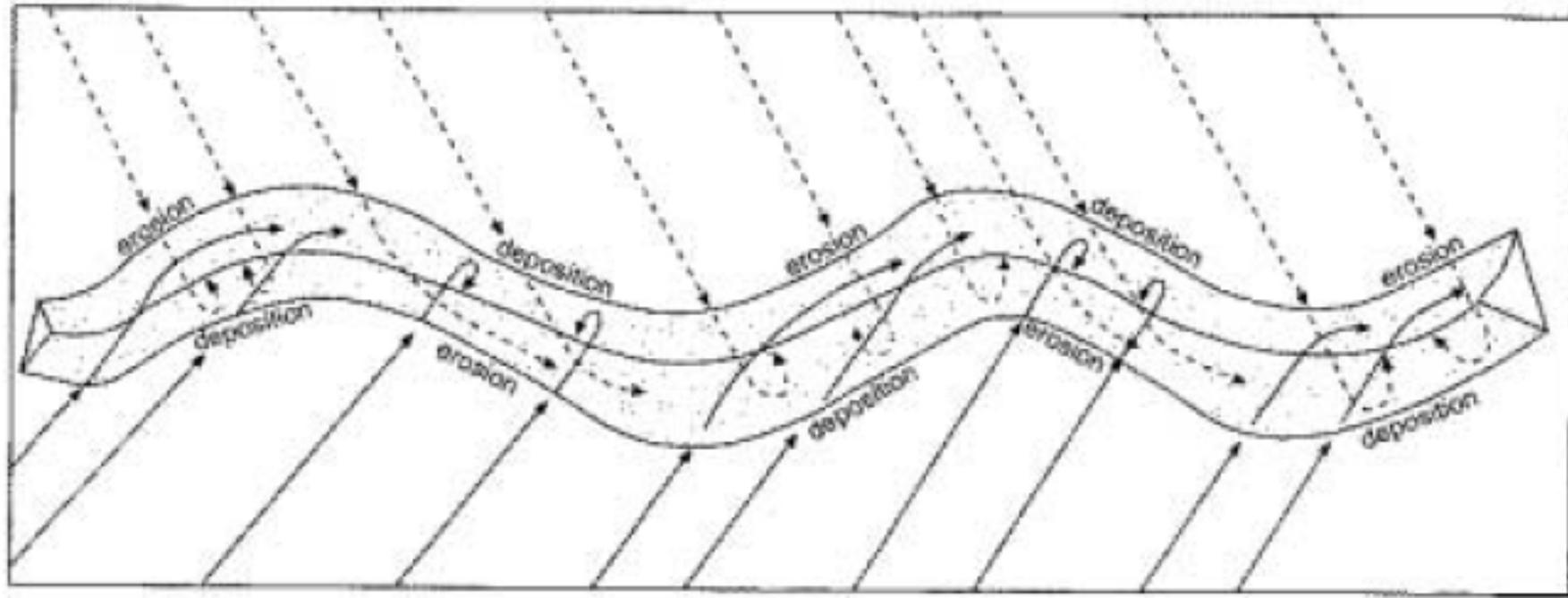


Fig. 17.12. Schematic sketch of a seif dune that is under a bidirectional wind regime (one wind direction is shown by the solid line and the other by the broken line). Note that erosion occurs on the lee side when the wind flow is diverted to flow parallel to the crest-line, and deposition when the wind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

Dune a stella

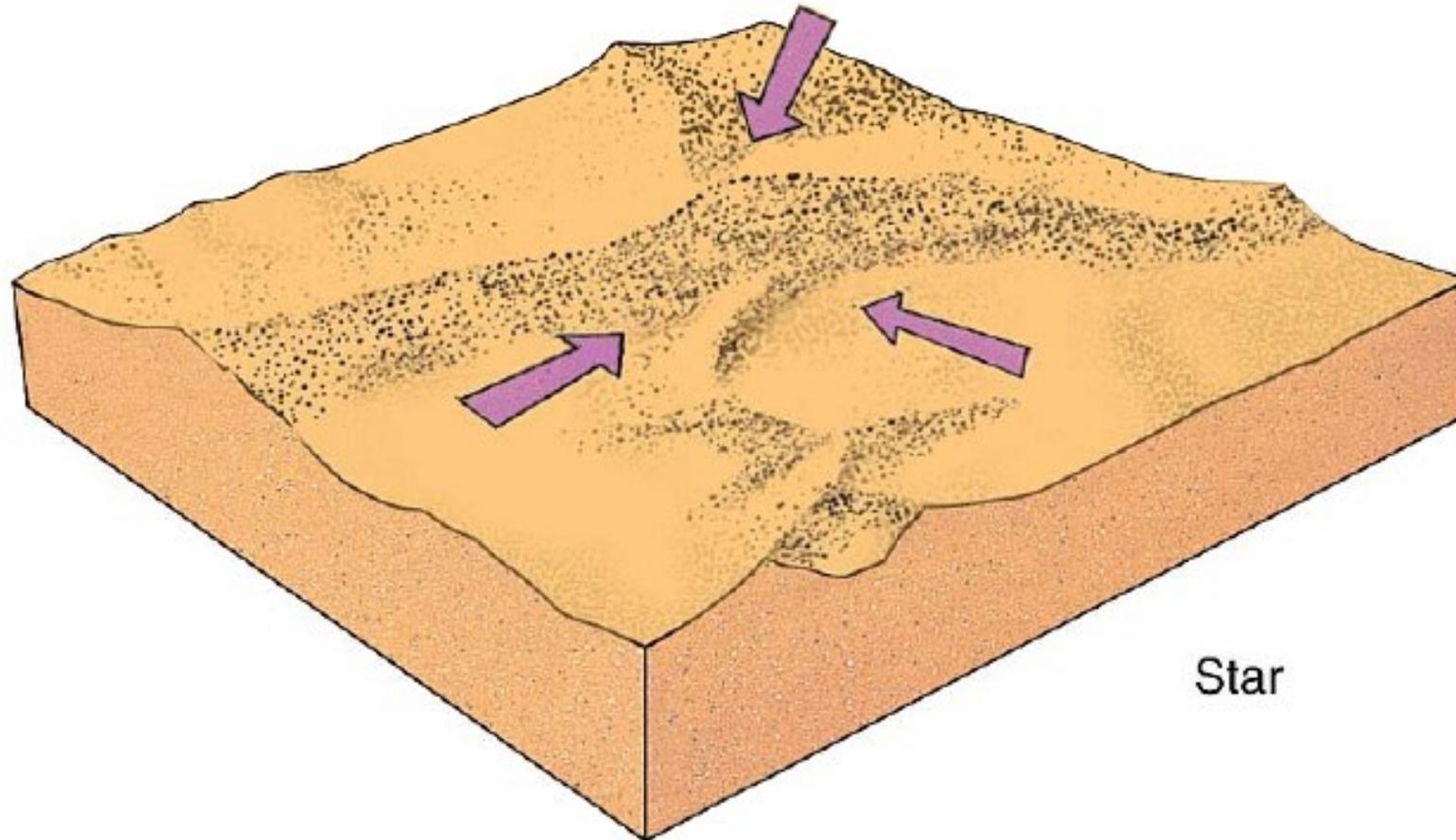
Venti variabili

(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.

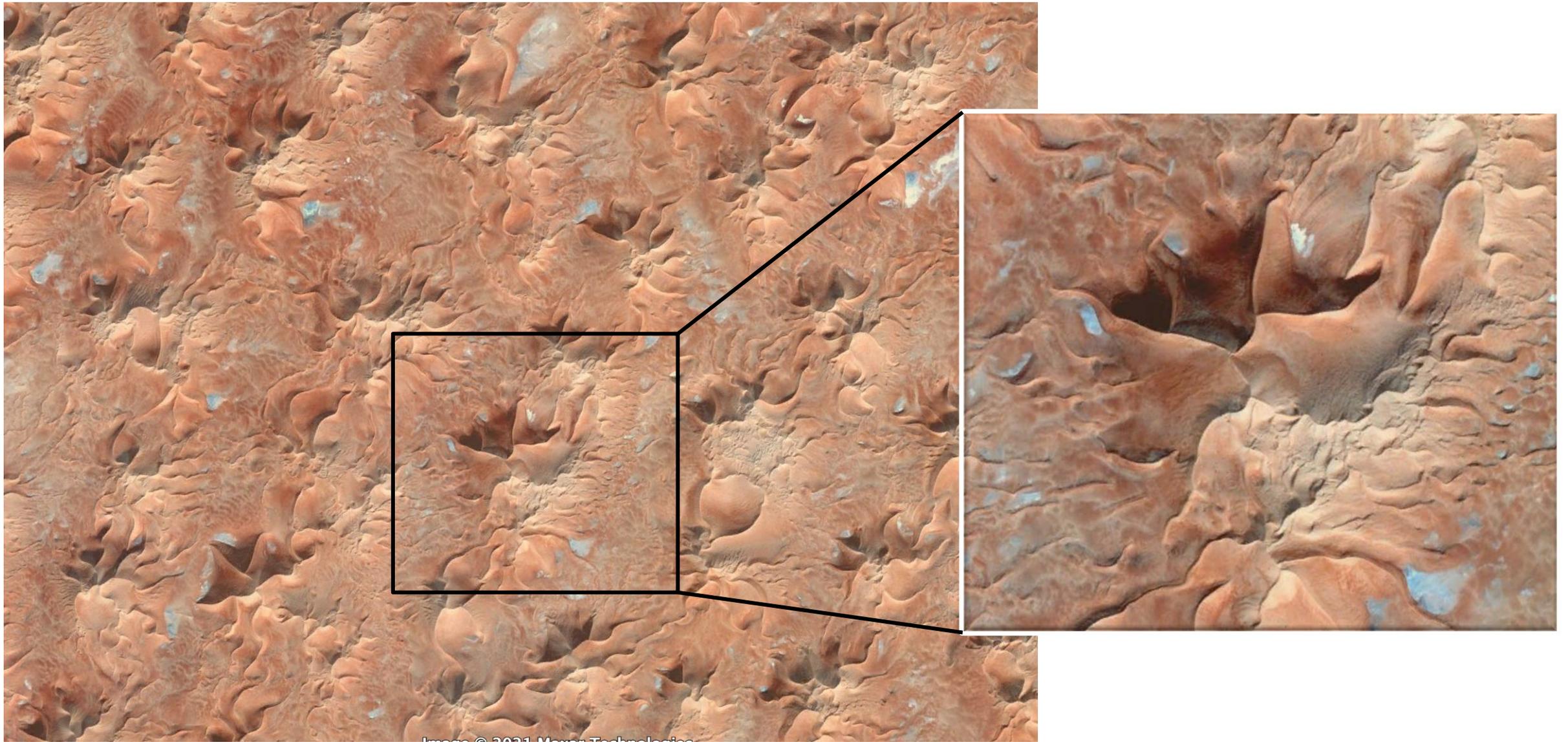


Copyright © 2009 Pearson Prentice Hall, Inc.

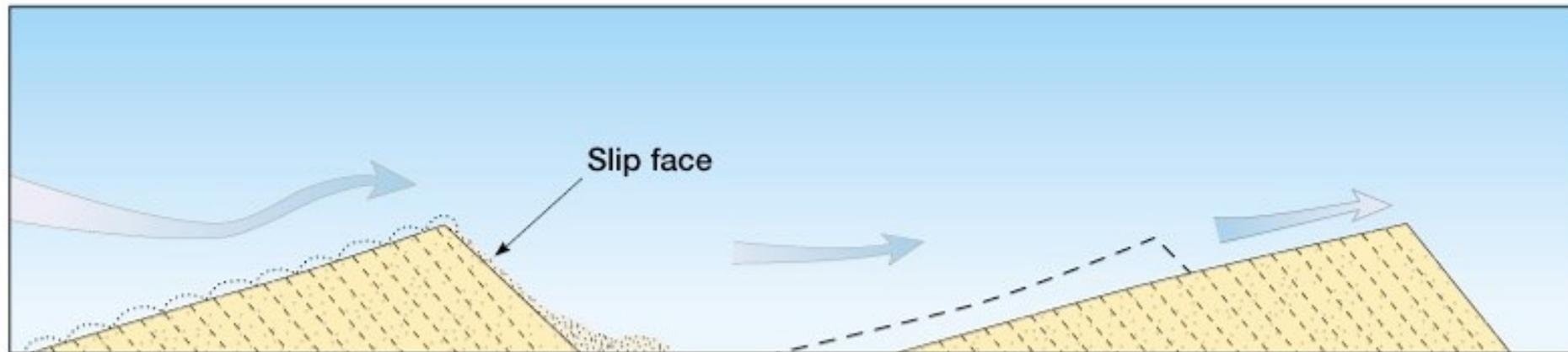
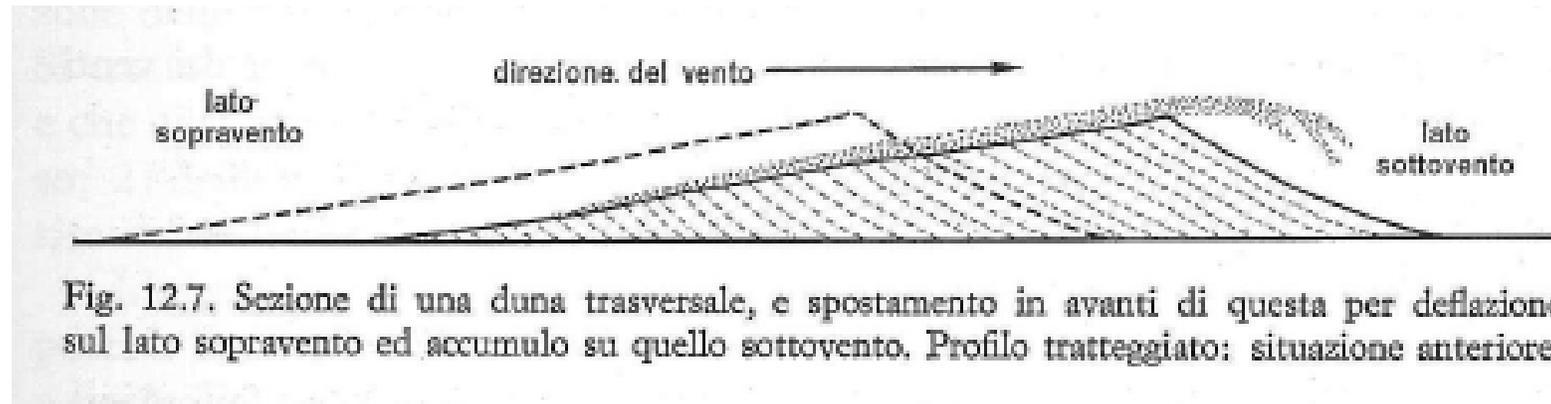
Dune a stella





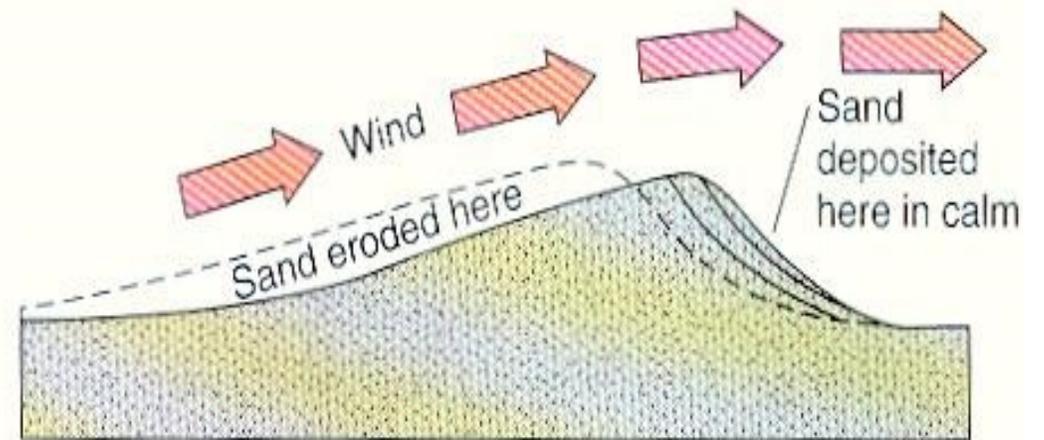
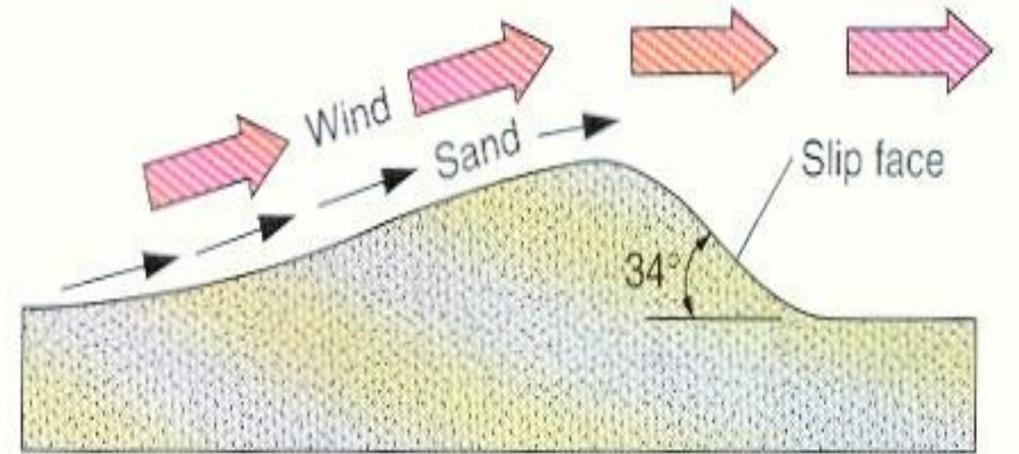


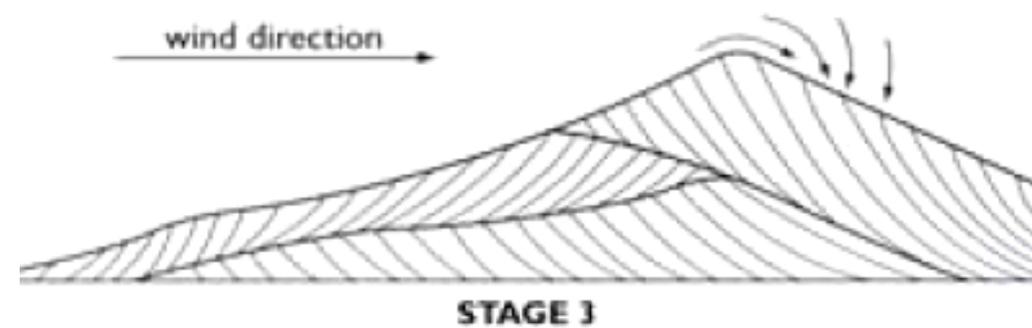
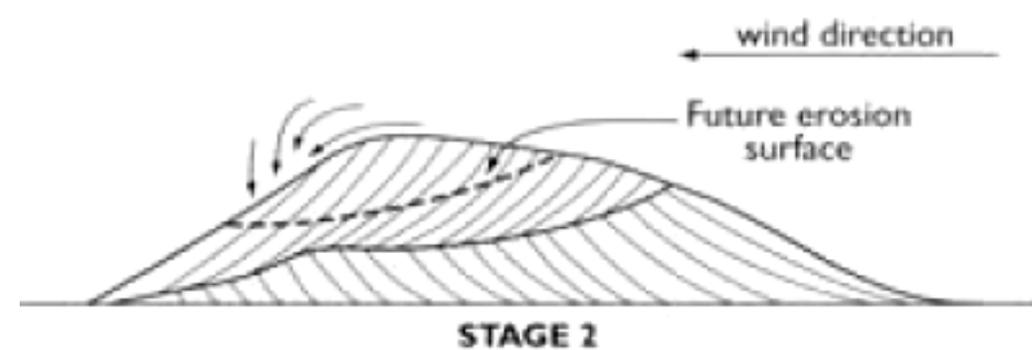
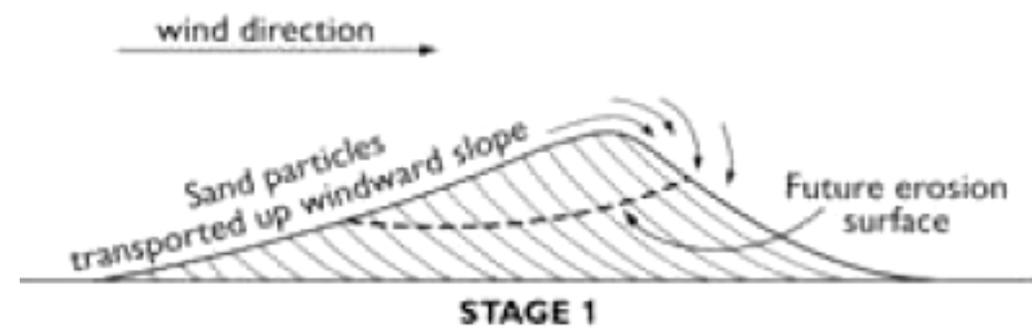
Movimento delle dune



Velocità di movimento

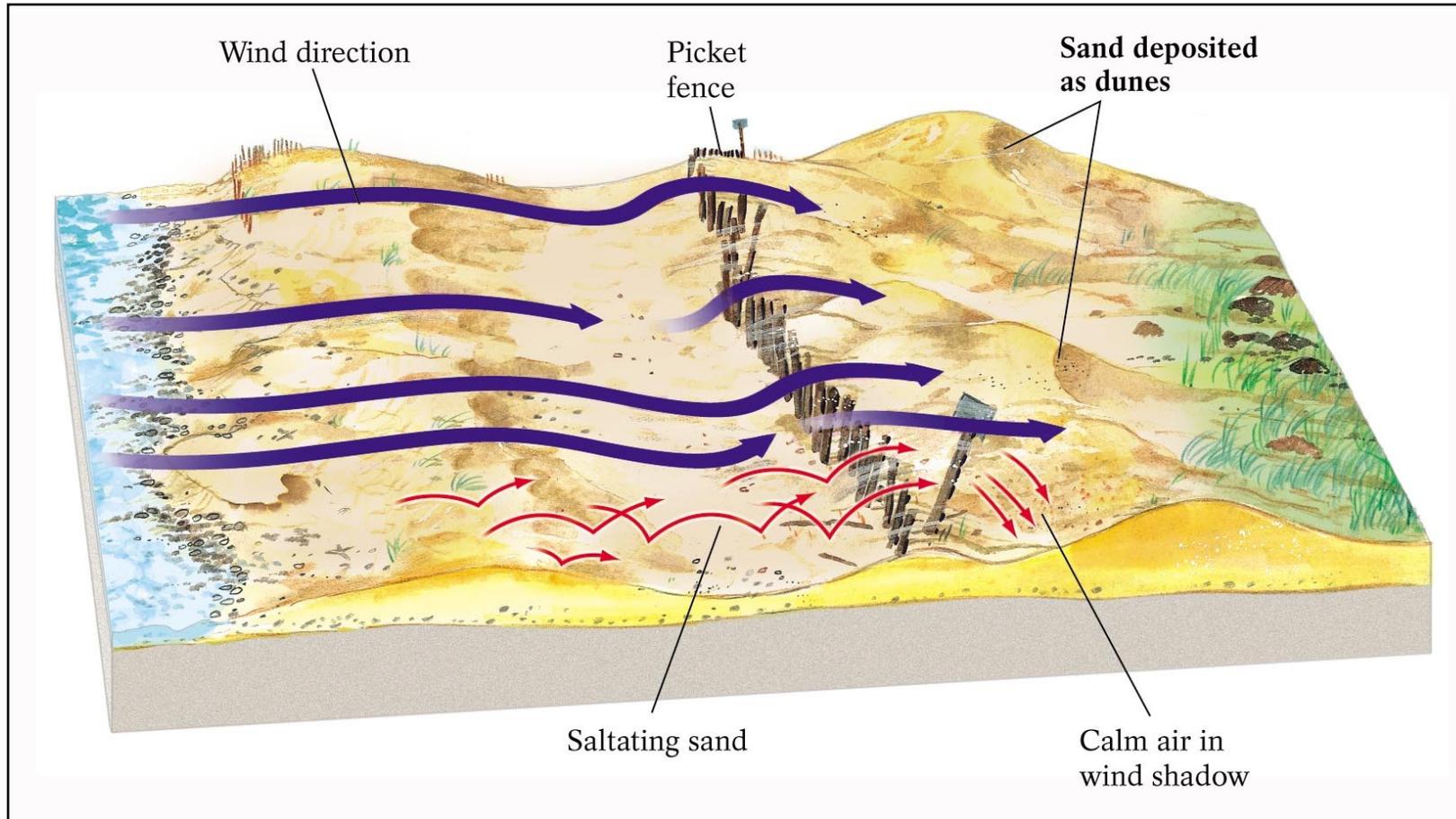
Da pochi a centimetri ad alcuni metri all'anno (max 25 m/a)





Formation of cross-beds in sandstone.

Dune da ostacolo



Ripples o Incrispature

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





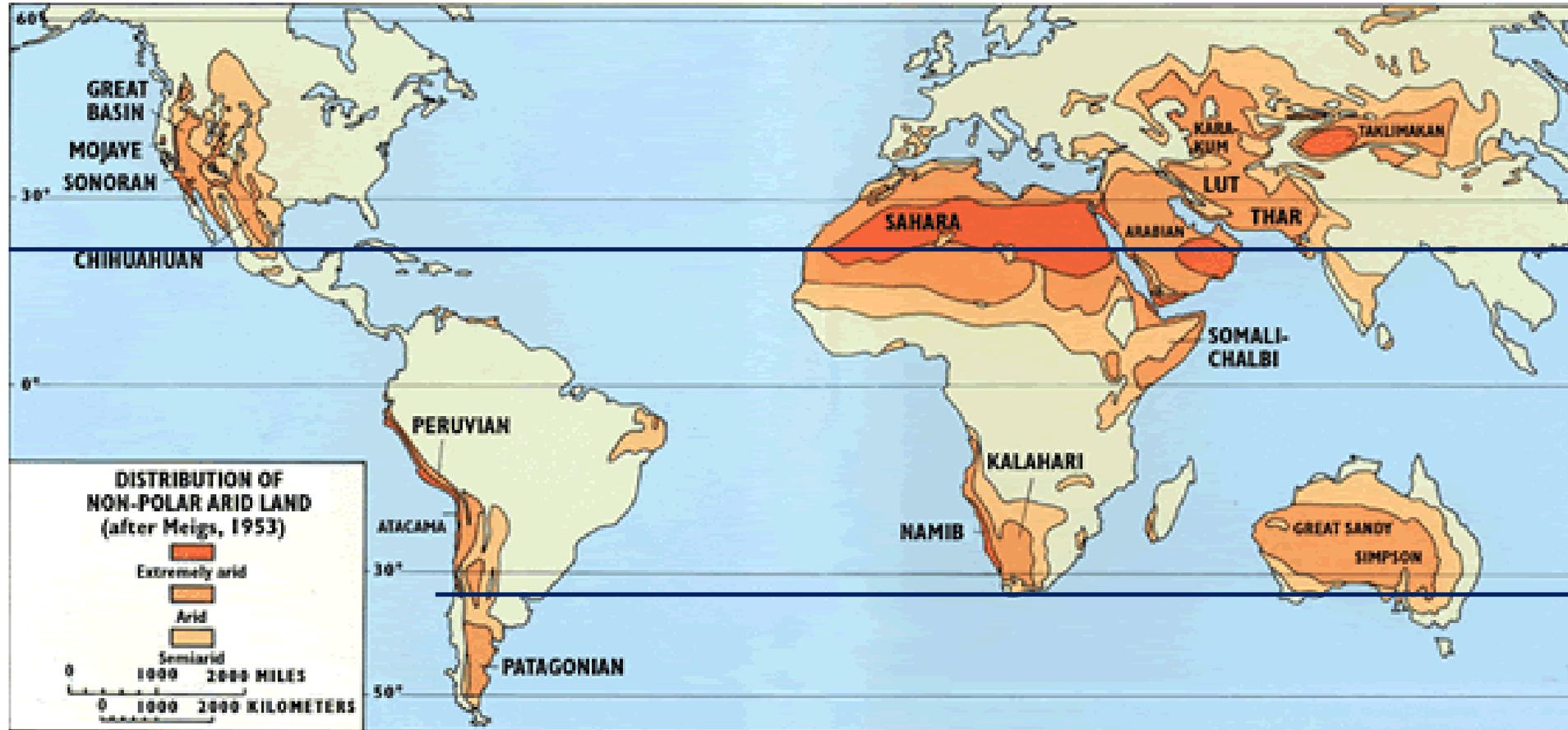
NEBKHA

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 alloctonici e autoctonici

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

Esempio: Nilo, Colorado Okavango

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



Antelope Canyon

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).

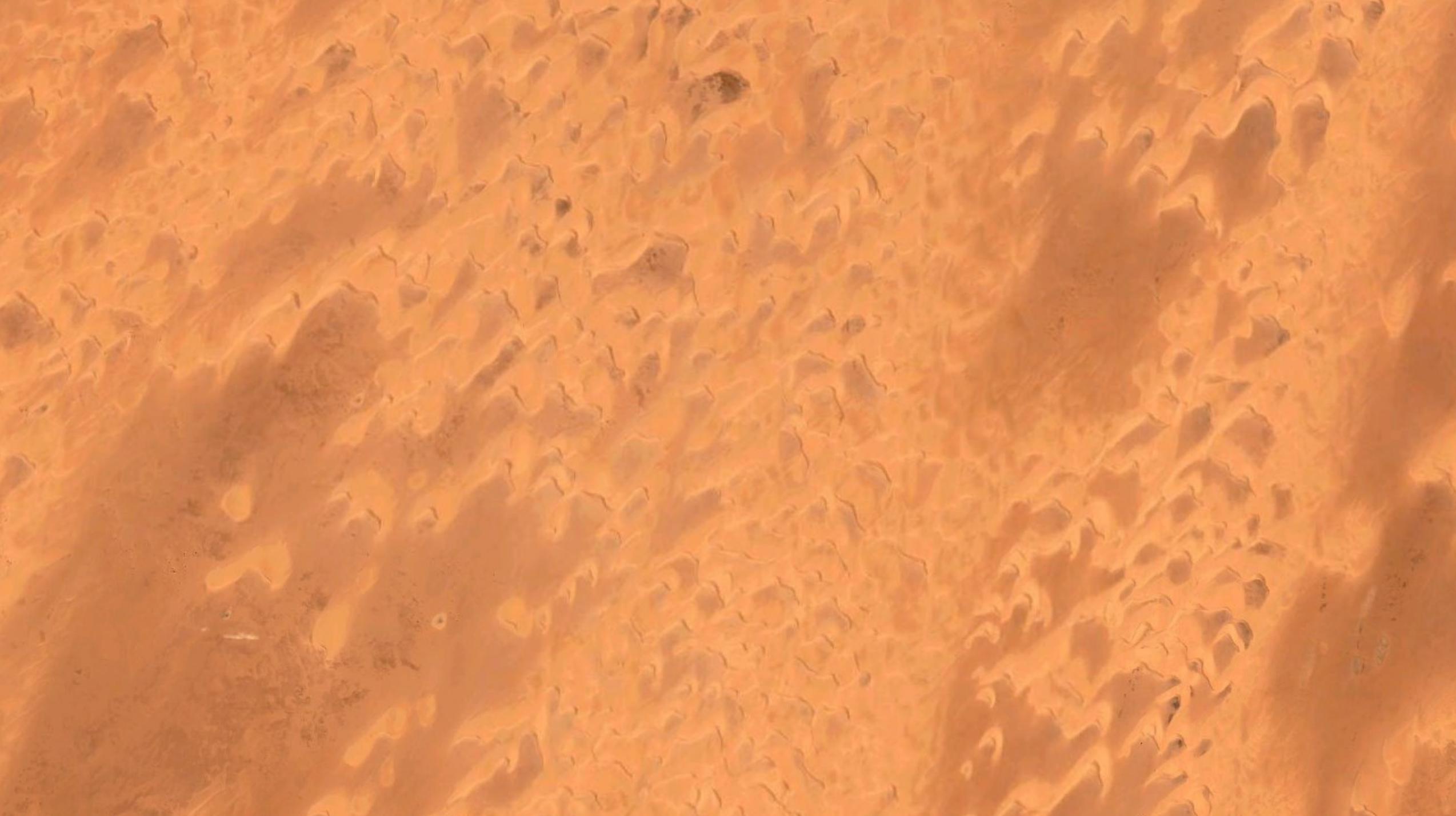
I criteri di distinzione sono l'estensione e la percentuale di copertura di sabbia (in forma di affioramento indistinto e/o di dune).

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

