

A photograph of a massive, layered sedimentary rock formation, likely sandstone or siltstone, showing distinct horizontal bedding. The rock is reddish-brown in color and has a rough, weathered texture. A person is standing at the base of the rock face on the right side, providing a sense of scale. The background is filled with lush green trees and foliage, suggesting a natural, outdoor setting. The lighting is bright, highlighting the textures and colors of the rock.

Sedimentární petrologie

3. sedimentární textury

Sedimentární textury

= sedimentary structures (!!!)

- uspořádání zrn v prostoru
- makrostavba – tvary větší než velikost jednoho zrna

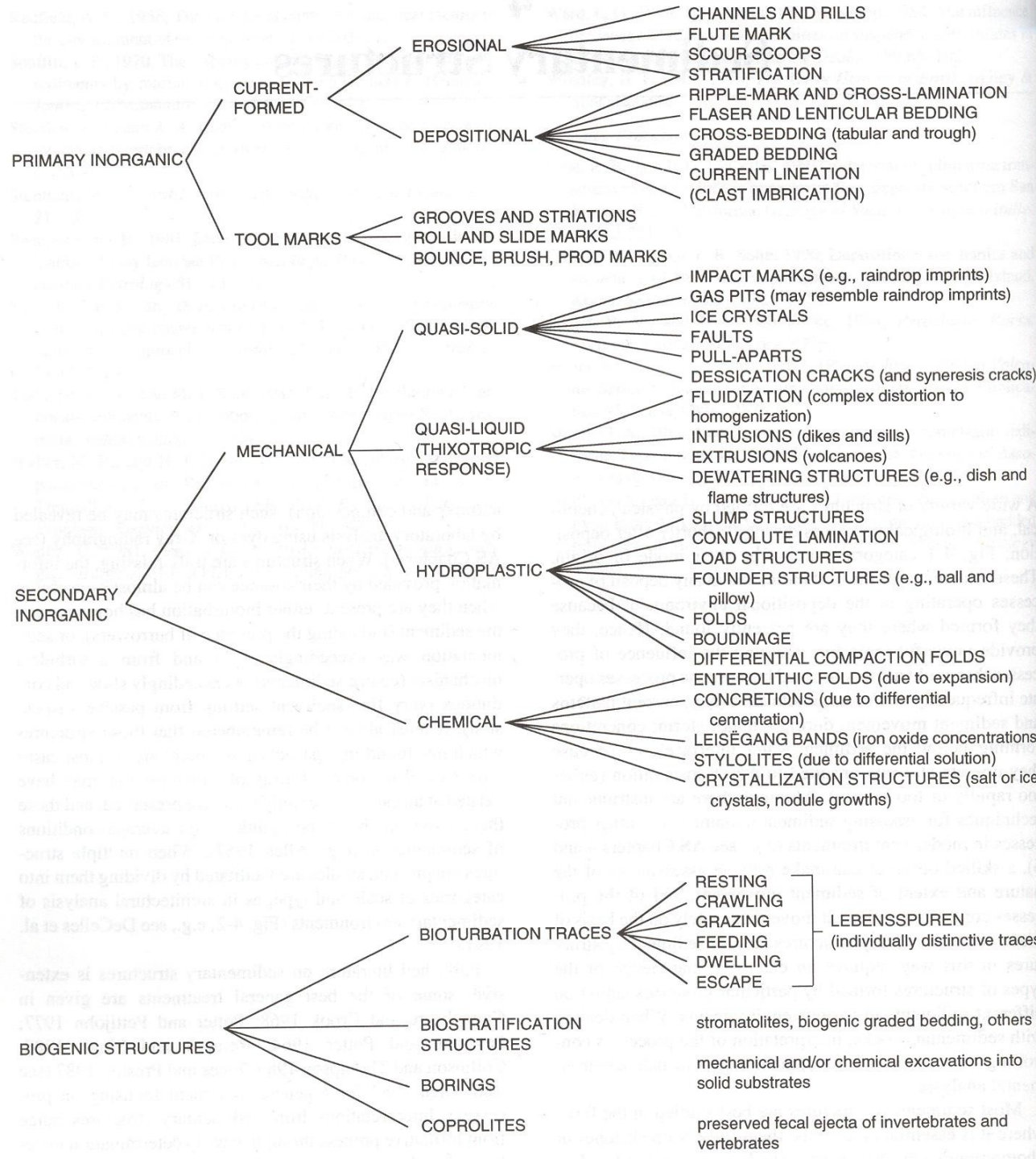
textury vs. sedimentární struktury

(sed. struktura = charakter zrn a prostorové vztahy mezi zrny,
běžně mikrostavby)

Sedimentární textury

- Vrstevnatost (vnější znak)
- Zvrstvení (vnitřní znak)
- Textury na vrstevních plochách (mechanoglify, ichnofosilie)

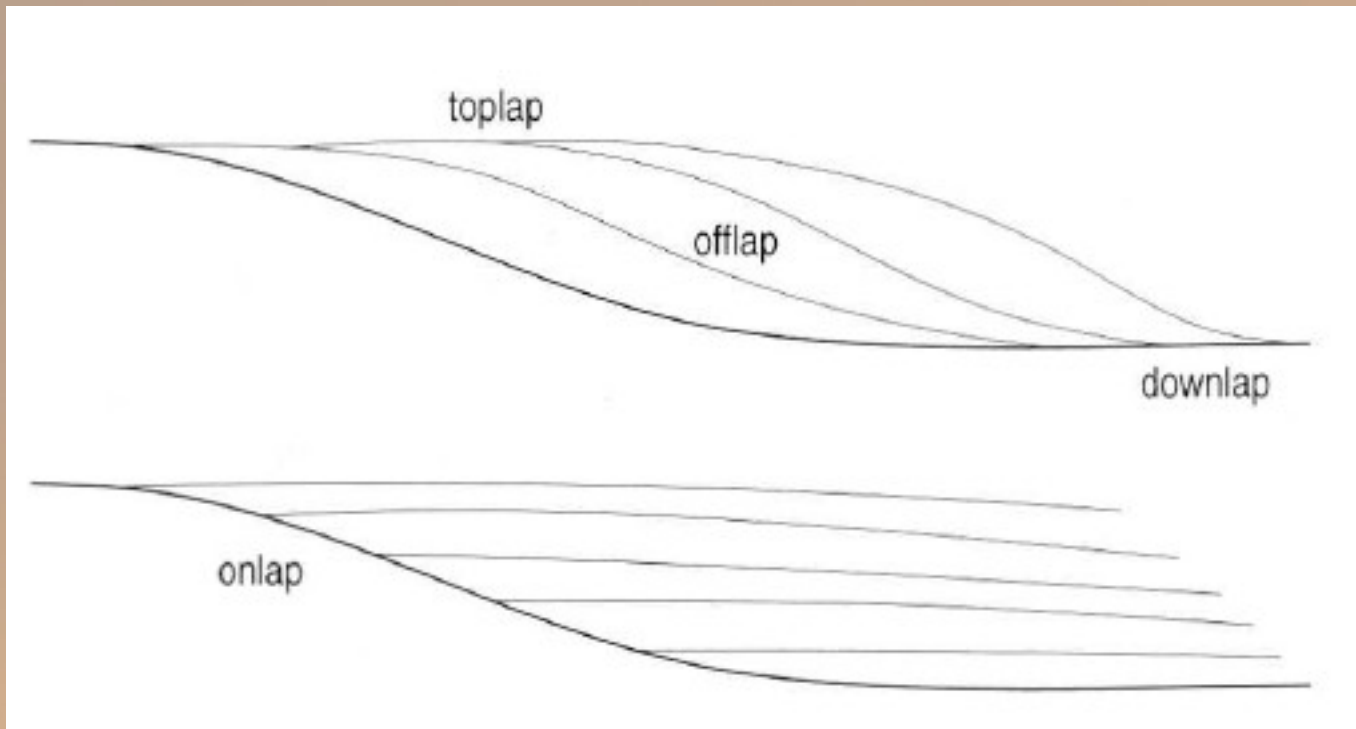
• Rozdělení podle geneze



Význam primárních sedimentárních struktur

- **Paleoenvironmentální interpretace**
 - Vznik struktur v konkrétním depozičním prostředí/proudovém režimu ... (dešťové kapky, bahenní praskliny, křížové šikmé zvrstvení ...)
- **Paleogeografické interpretace**
 - Indikátory směru proudění a transportu (čeřiny, duny, rýhování ...)
- **Strukturní interpretace**
 - Indikace směru do nadloží (báze vrstev, gradace, bahenní praskliny ...)

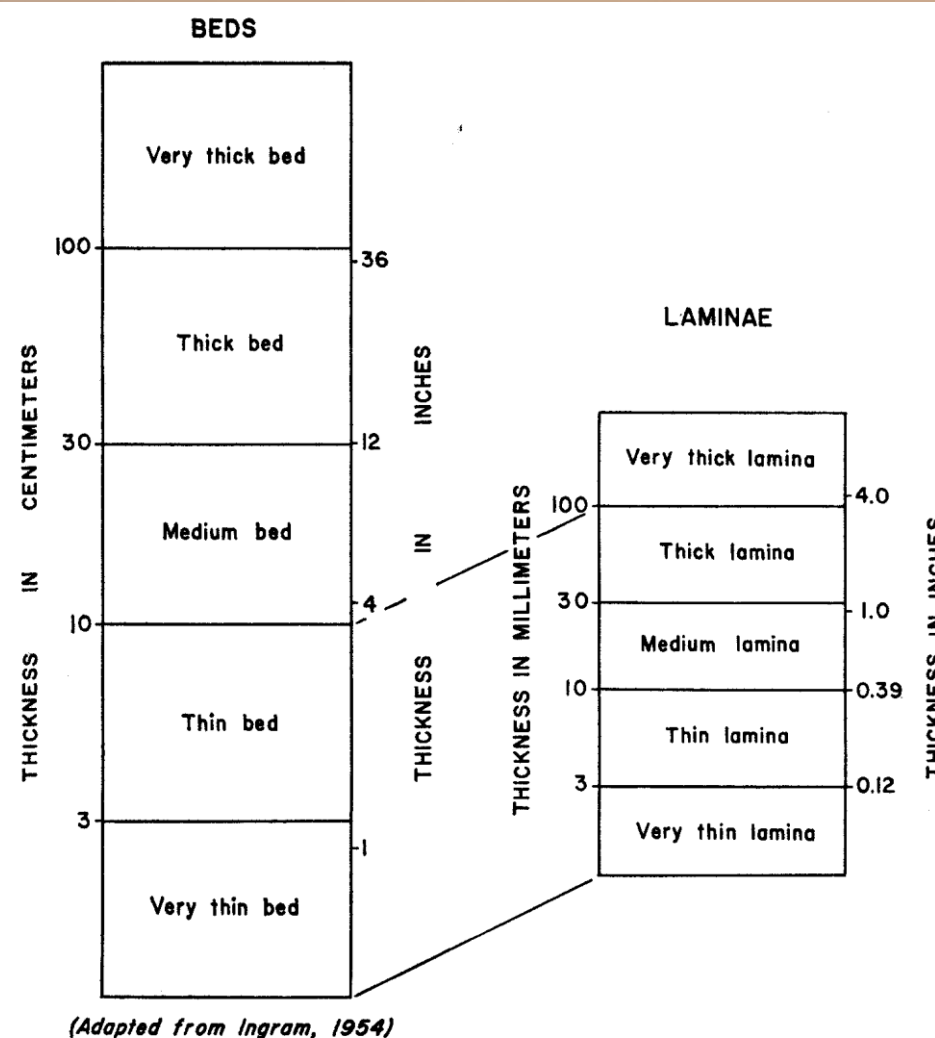
Prostorové vztahy vrstev



Tvary sedimentárních těles - vrstev

Klasifikace mocnosti vrstev (různé klasifikace)

- masívní (nad 100 cm)
- hrubě lavičovitá (50 až 100 cm)
- lavičovitá (10 až 50 cm)
- deskovitá (1 až 10 cm)
- laminovaná (2 mm až 1 cm)
- tence laminovaná (pod 2 mm)



Vrstevnatost

- Deskovitá – laterálně stáلهjší tělesa



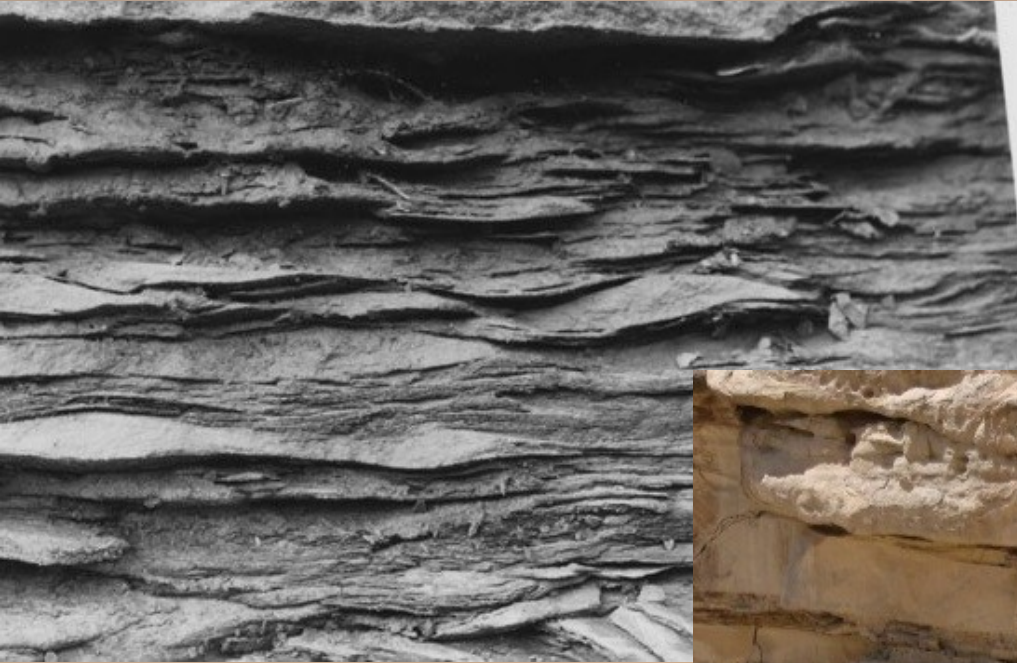
Vrstevnatost

- Lavicovitá – laterálně stálá tělesa



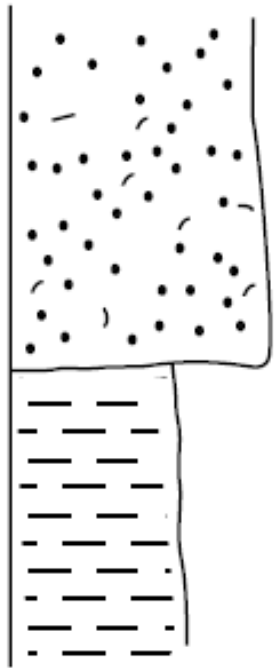
Vrstevnatost

- Čočkovitá – laterálně nestálá vyклиňující tělesa (bedformy jako jsou čeřiny, výplně koryt ...)

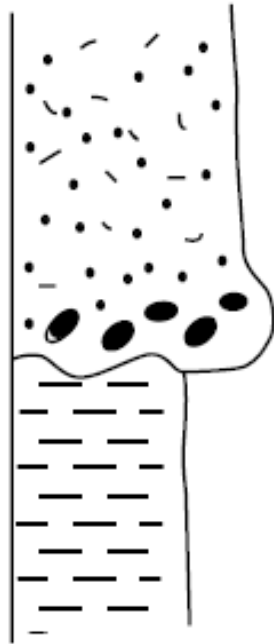


Typy vrstevních rozhraní/bází vrstev

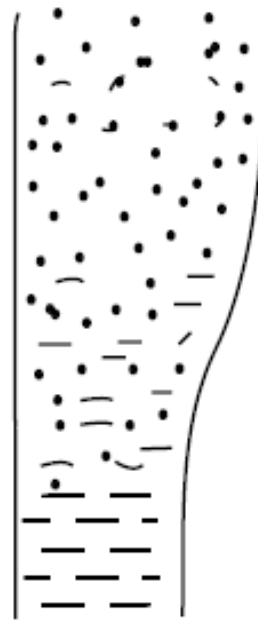
- Primární rozhraní mezi vrstvami odráží
 - Změny depozičních podmínek (např. rychlosti proudění)
 - Často spojené s erozí, „nesedimentací“, kondenzací
 - Jednotlivé depoziční události (událostní vrstvy; báze vrstvy – událost počátku depozice)



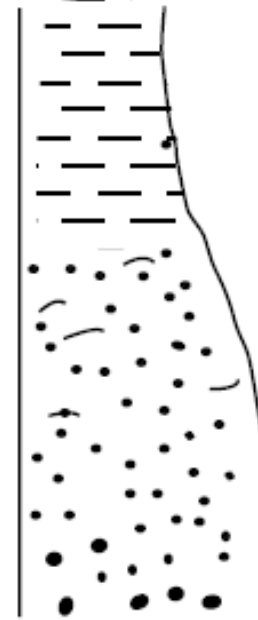
sharp
planar



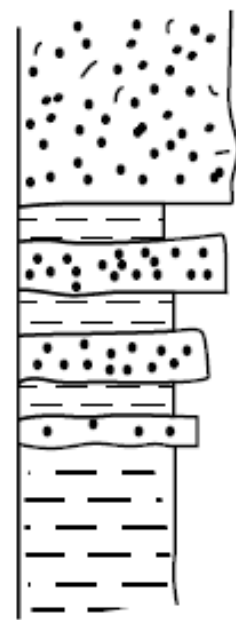
sharp
erosive



gradual,
coarsening
upward

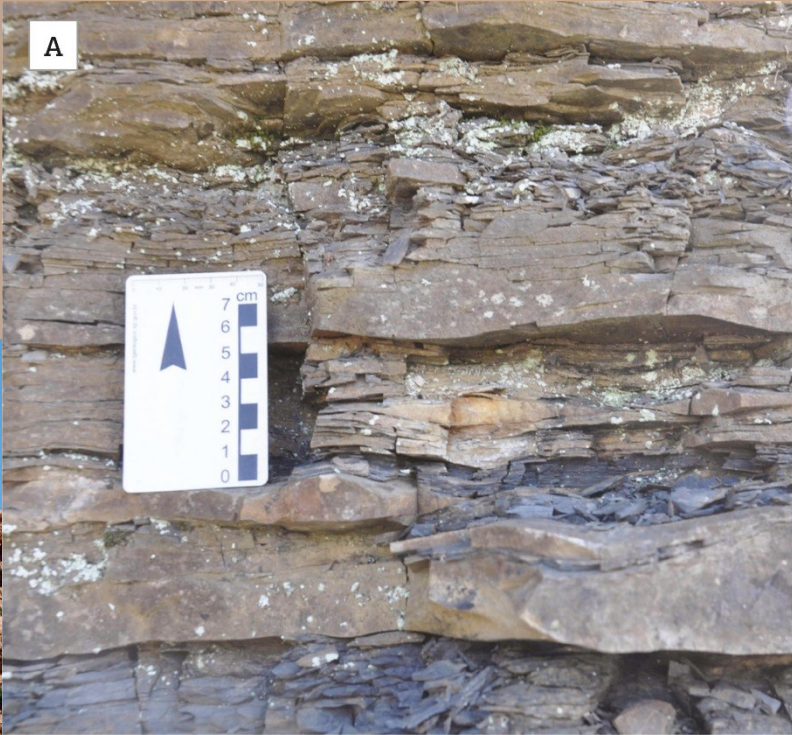


gradual,
fining
upward



transitional,
coarsening
upward

Typy vrstevních rozhraní/bází vrstev



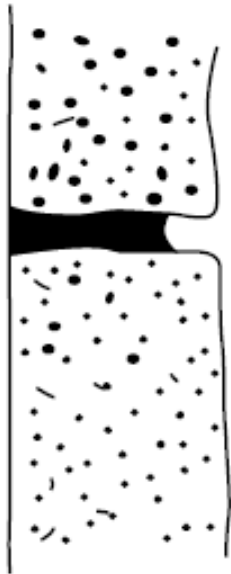
Typy vrstevních rozhraní/bází vrstev



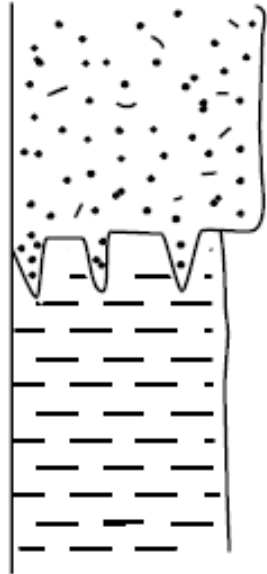
Typy vrstevních rozhraní/bází vrstev



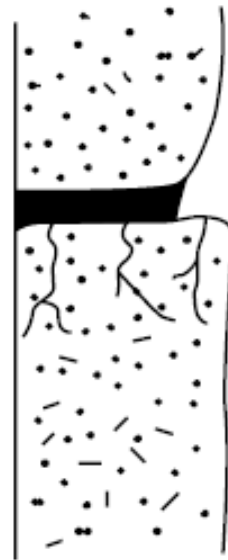
Typy vrstevních rozhraní/bází vrstev



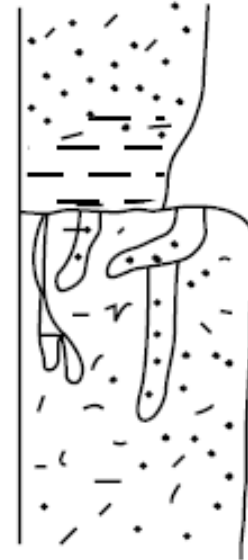
mudrock
parting



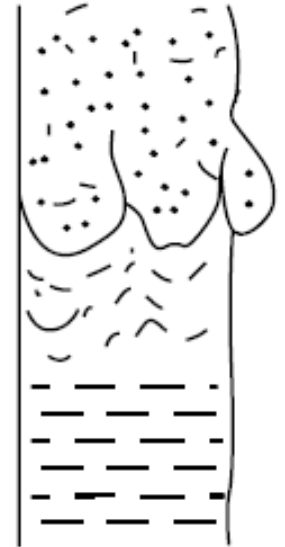
mudcracks,
exposure



rootlets,
soil,
exposure

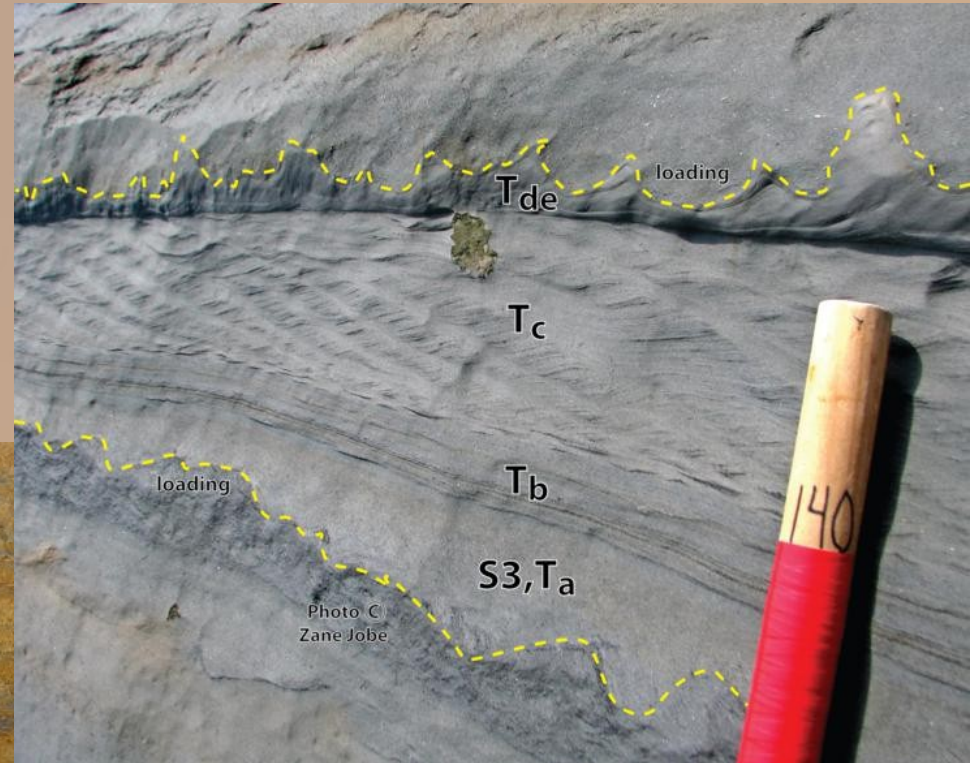


burrowed
surface,
?firmground



loaded
contact

Typy vrstevných rozhraní/bází vrstev



Typy vrstevných rozhraní/bází vrstev

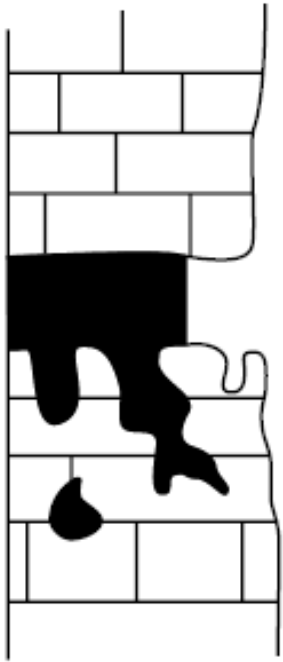


14-9 S1

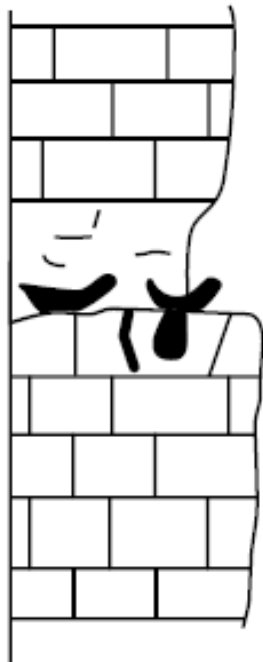
Fossil mudcracks x-section
Anza Borrego

Typy vrstevných rozhraní/bází vrstev

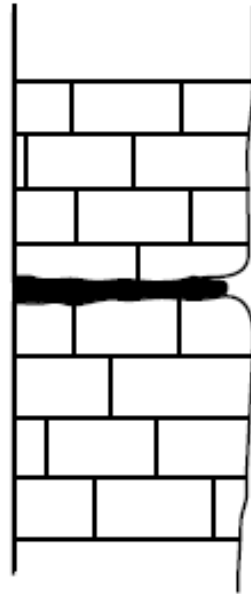
Sekundární - diagenetické



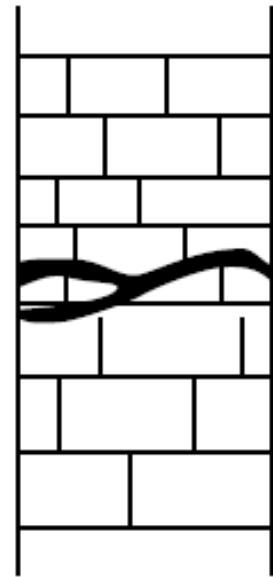
palaeokarst,
exposure



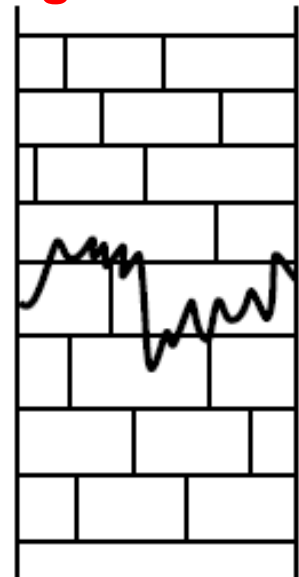
encrusted,
bored surface,
hardground



phosphate,
Fe-Mn crust,
hiatus



pressure
dissolution
seam



stylolite

Typy vrstevných rozhraní/bází vrstev



Dnová tělesa („bedformy“)

- Tělesa sedimentů s texturou, která odráží tvar tělesa
- Mikroformy (např. čeřiny)
- Mesoformy (např. duny)
- Makroformy (např. bary/valy)

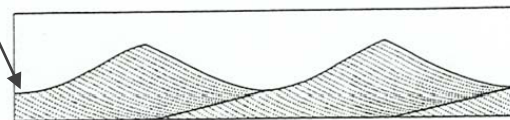
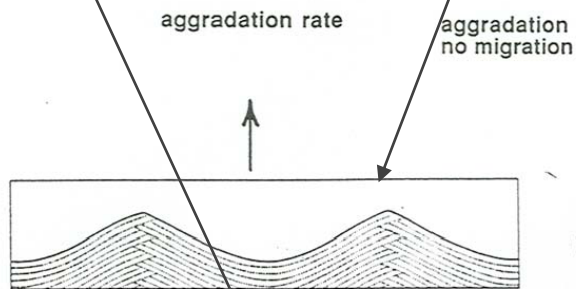
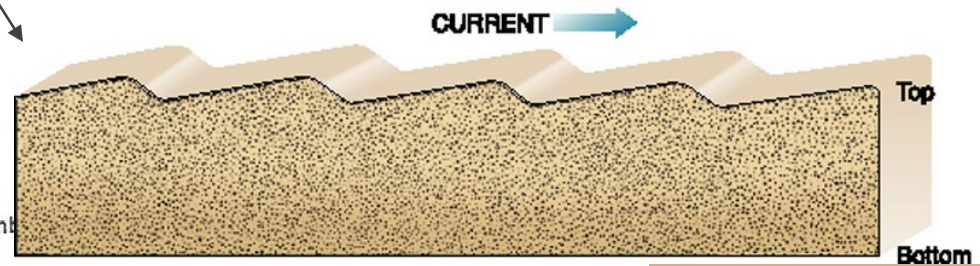
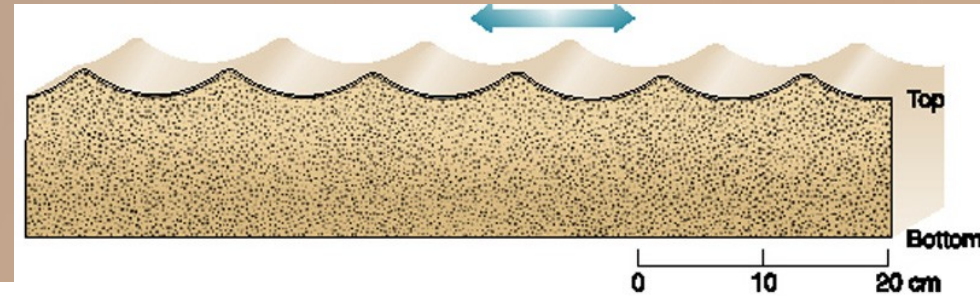


Bedformy

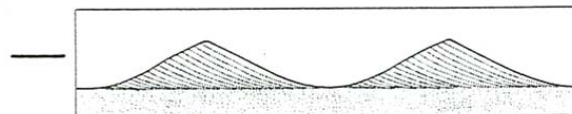
- Migrující proudové (jednosměrně proudové) bedformy

https://youtu.be/RqdRfb_SK6k

- Agradující oscilační bedformy



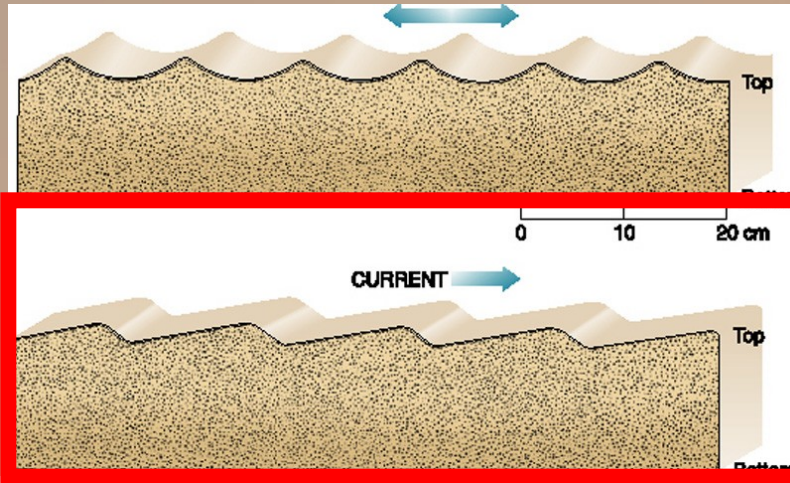
no migration
no aggradation



bed-form speed

Vznik proudových bedforem

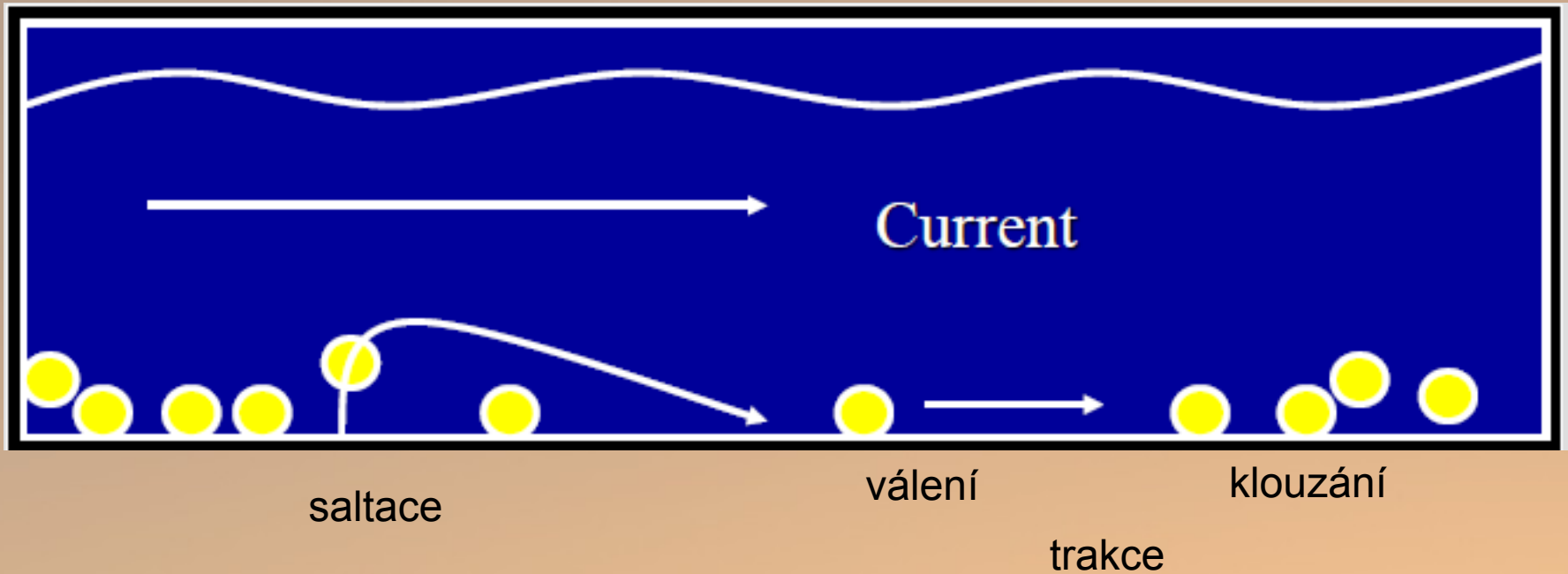
- při proudovém transportu
- Znalost závislosti vzniku různých bedforem na rychlosti proudění
 - laboratorní experimenty s prouděním v umělém korytě
 - Plastiková či skleněná nádrž s proudící vodou a sedimentem
 - lze měnit rychlost proudění kapaliny, sklon, množství a frakci částic ...



Bed load

Vznik proudových bedforem

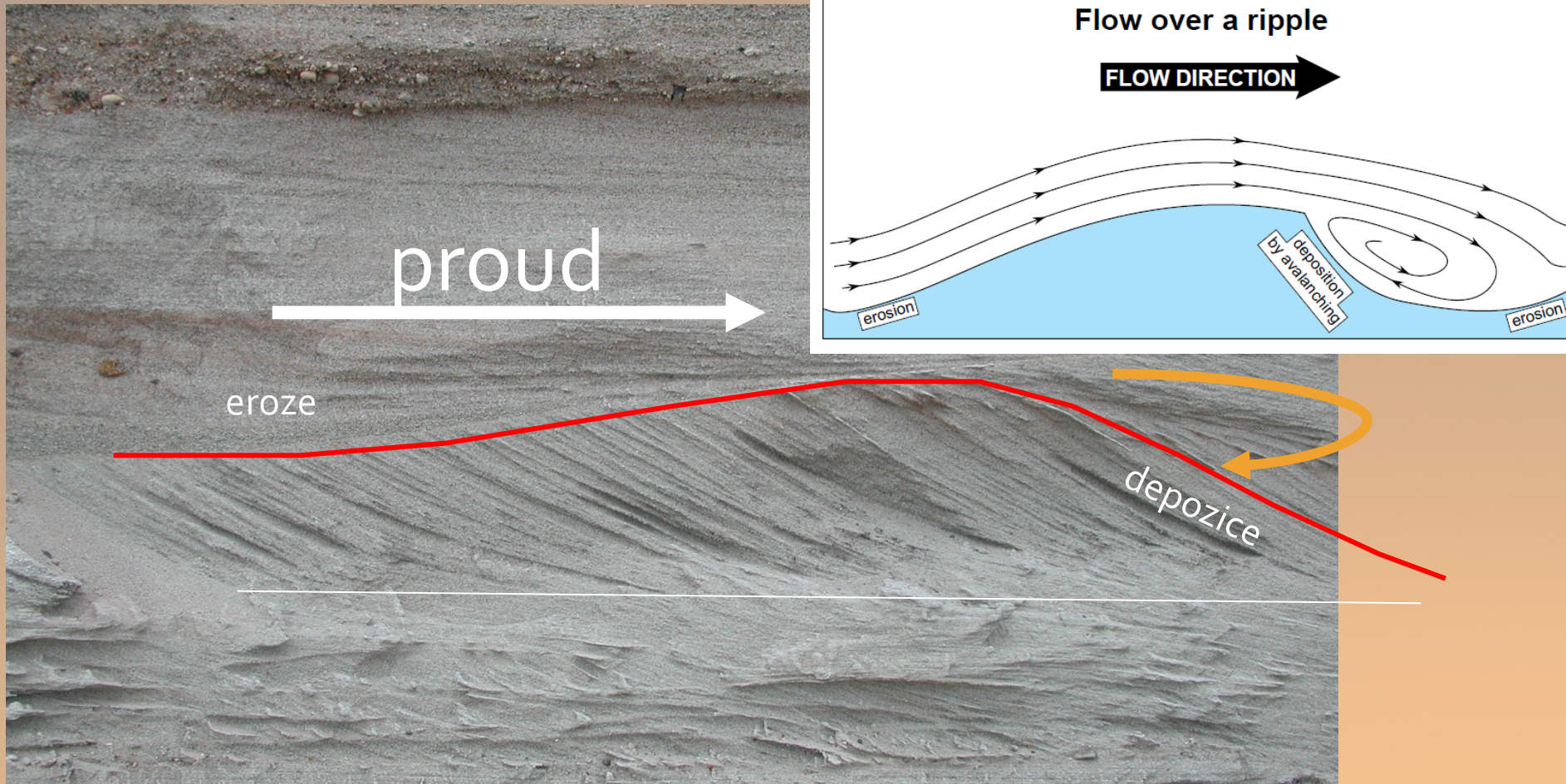
- Pohyb dnového sedimentu v proudu



Vznik proudových bedforem

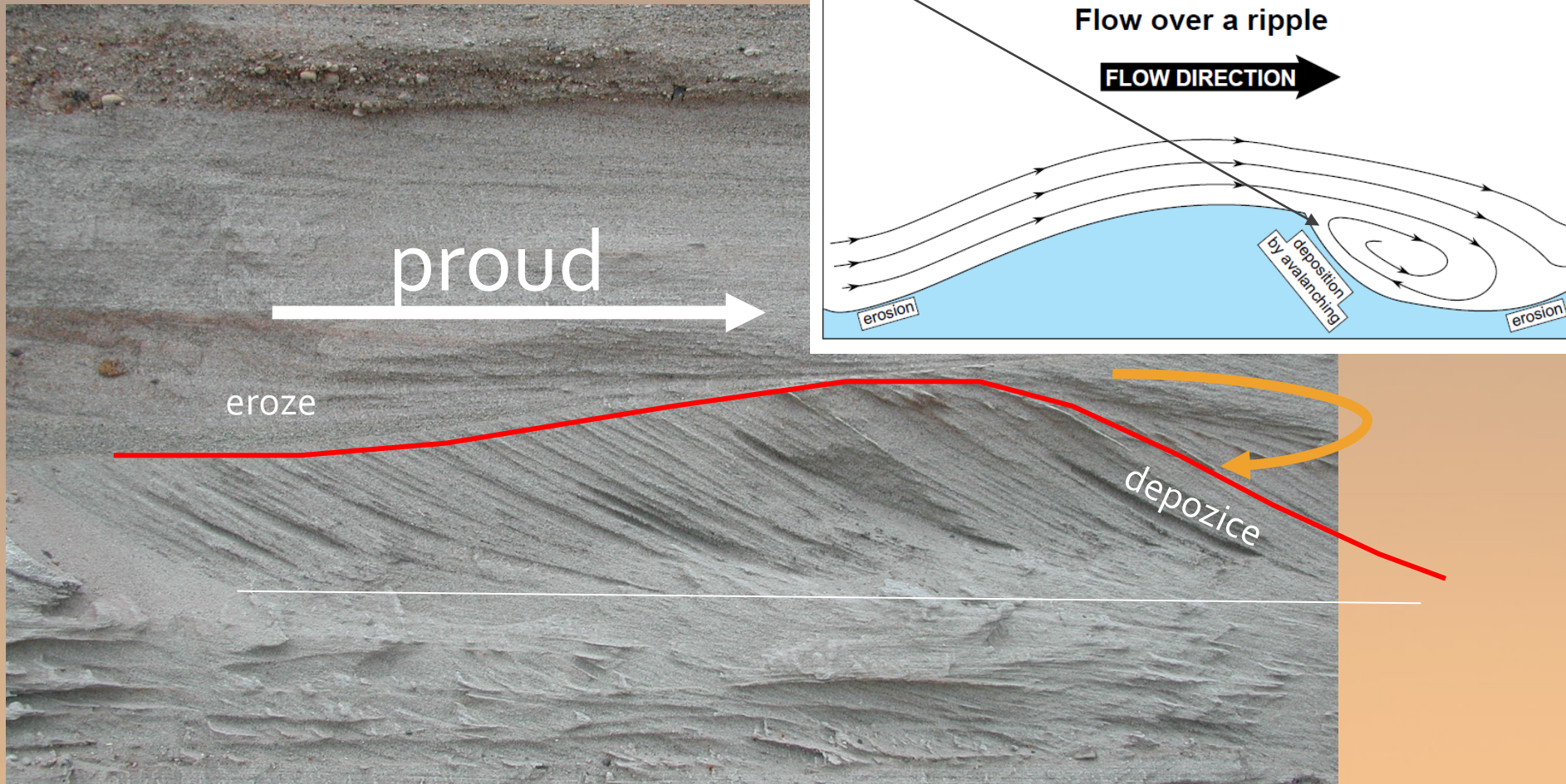
Iniciace:

- Místní nerovnosti na granulárním povrchu v podmínkách proudění newtonovské kapaliny
- Zpomalení a separace proudu (https://youtu.be/iqz_Ooa67q8) na závětrné straně



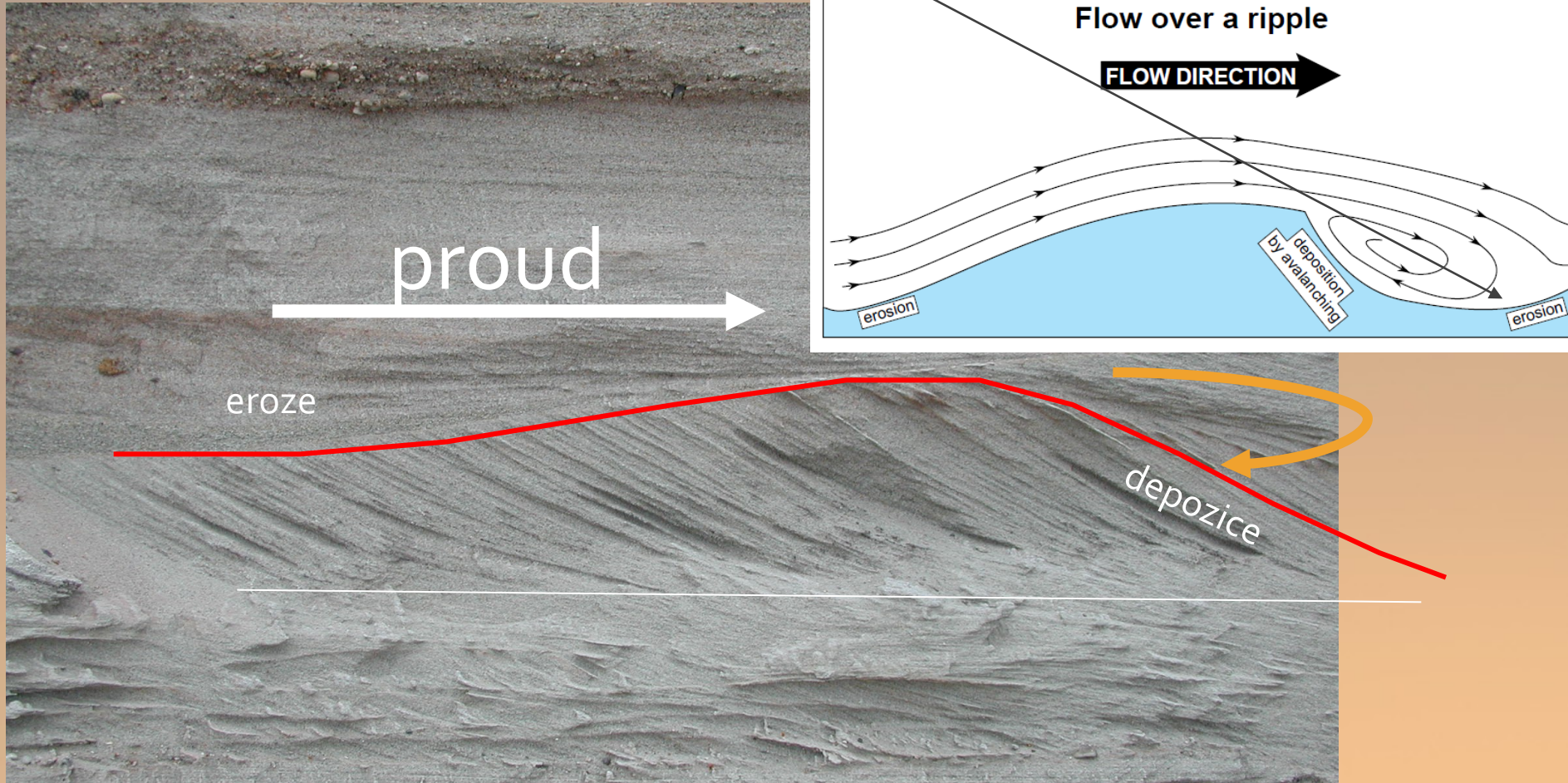
Vznik proudových bedforem

- **Zpomalení a separace proudu na závětrné straně**
- vypadávání zrn z proudu, hromadění pod hřbetem a gravitační transport po závětrné straně



Vznik proudových bedforem

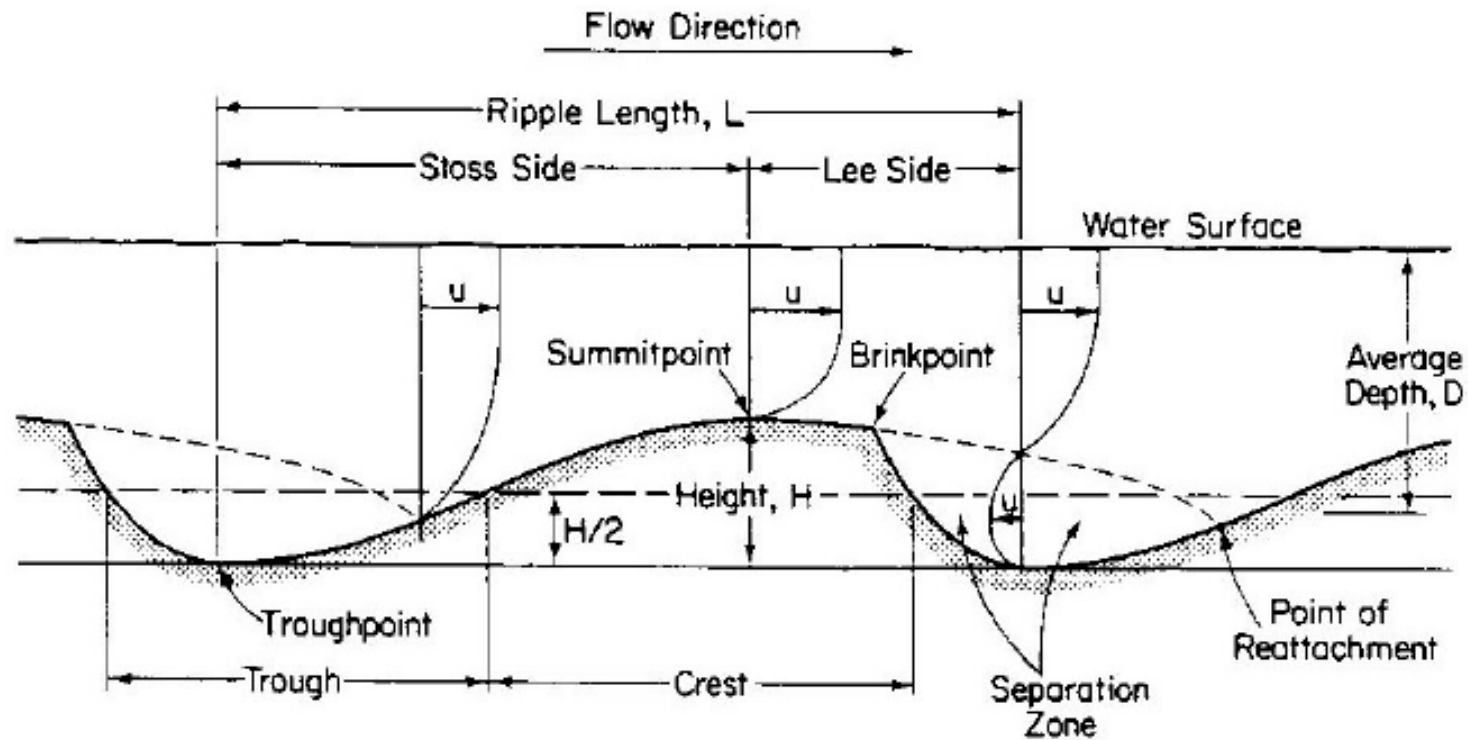
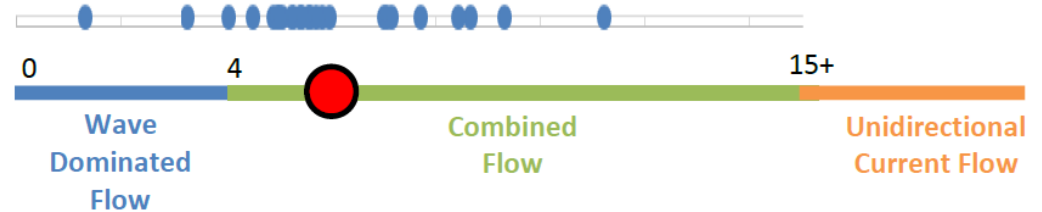
- Zpomalení a separace proudu na závětrné straně
- zpětná eroze



Vznik proudových bedforem

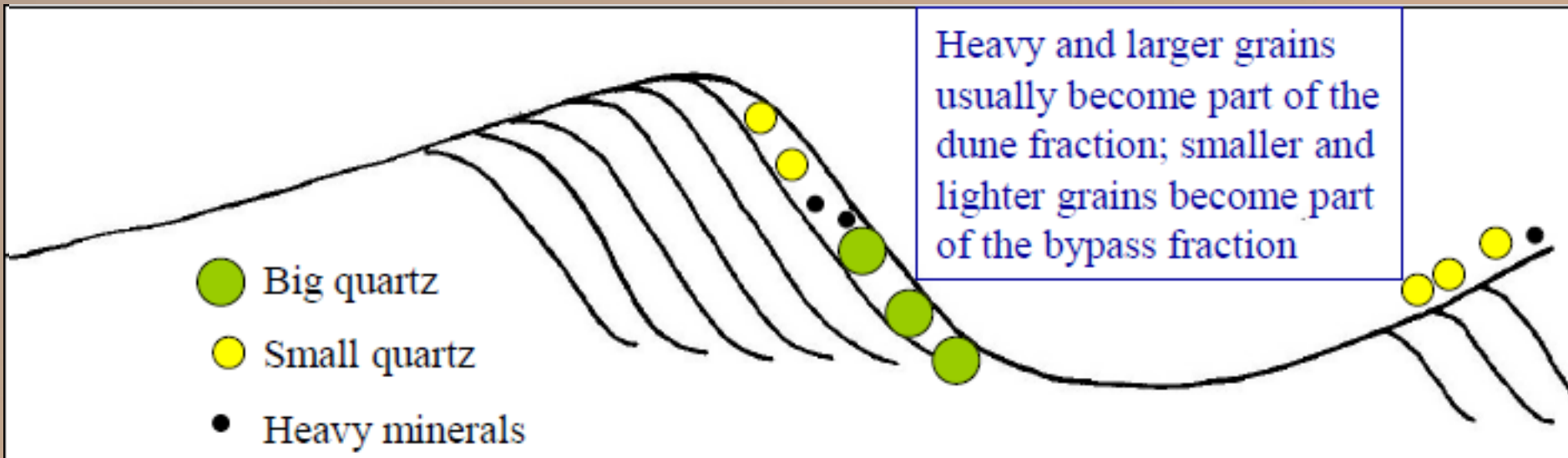
čeřinový index = délka/výška

Ripple Index



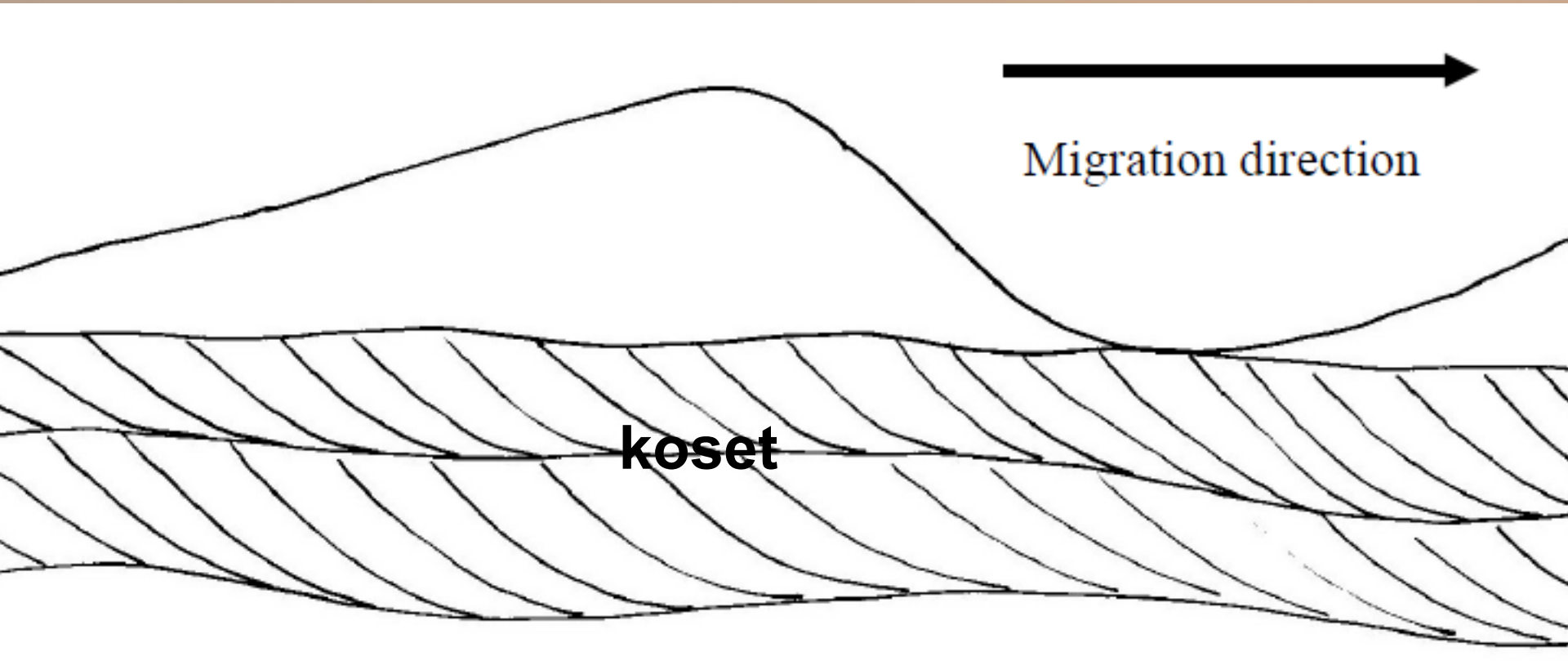
Vznik proudových bedforem

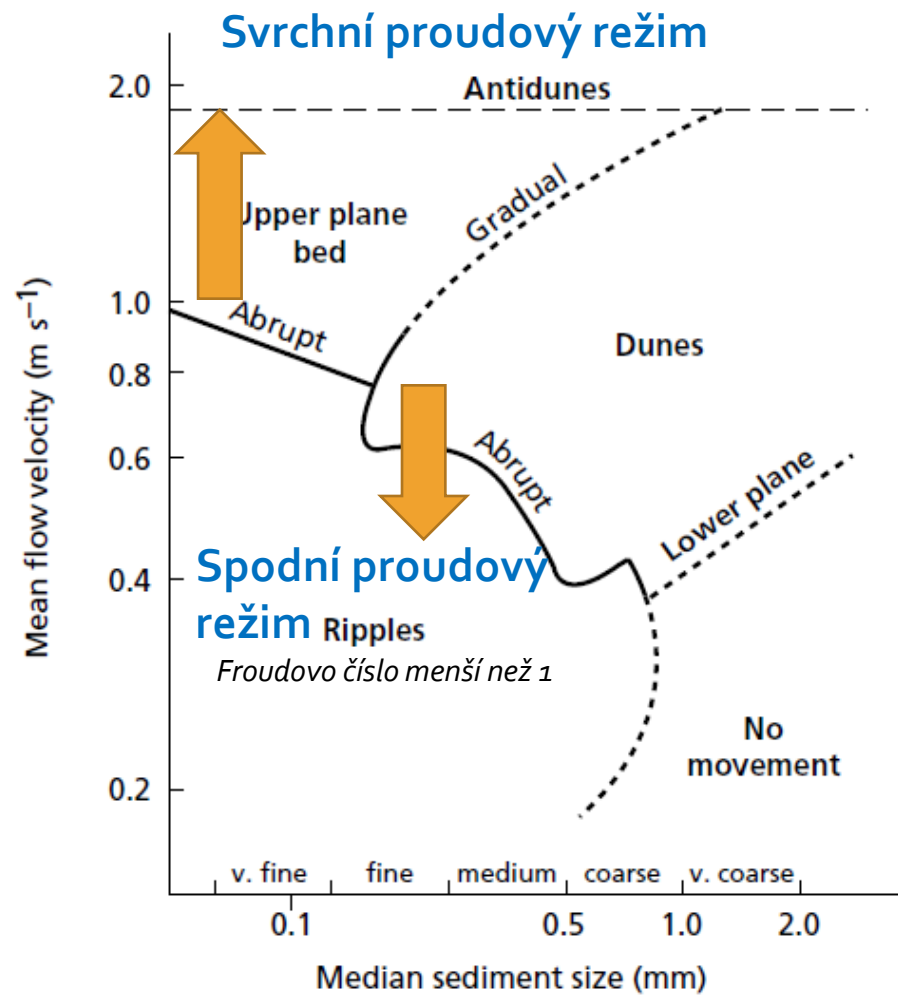
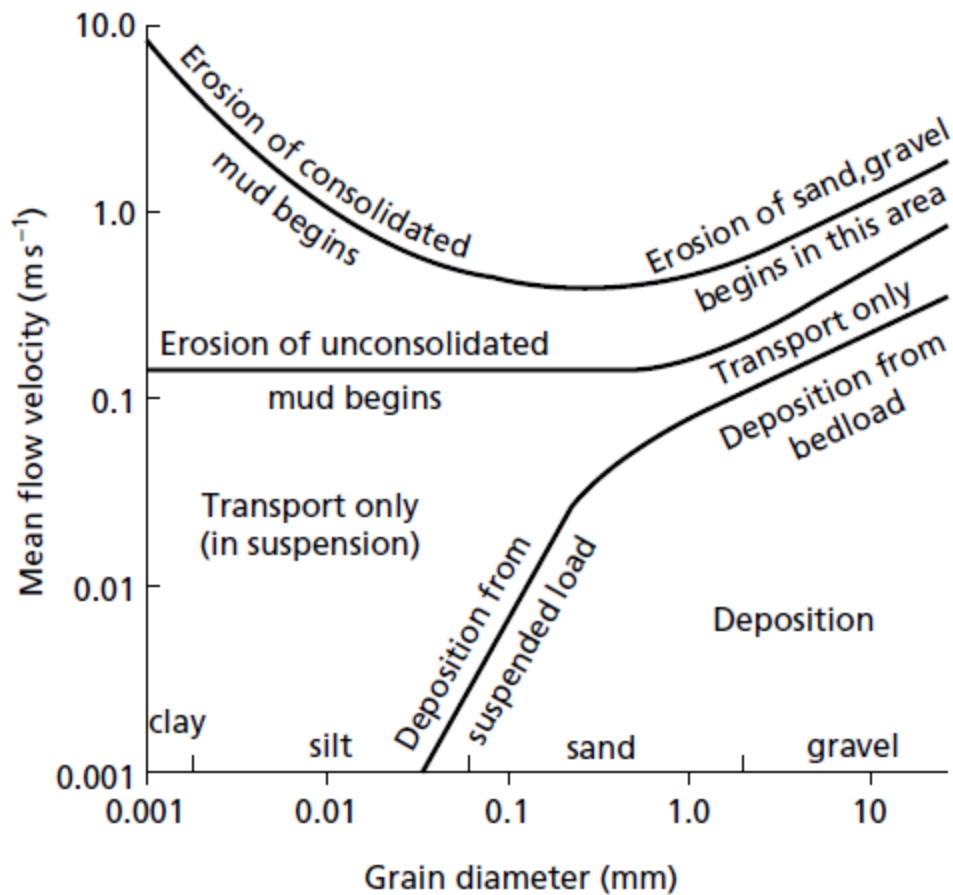
- Pohyb dnového sedimentu v proudu
- Gravitační separace frakcí



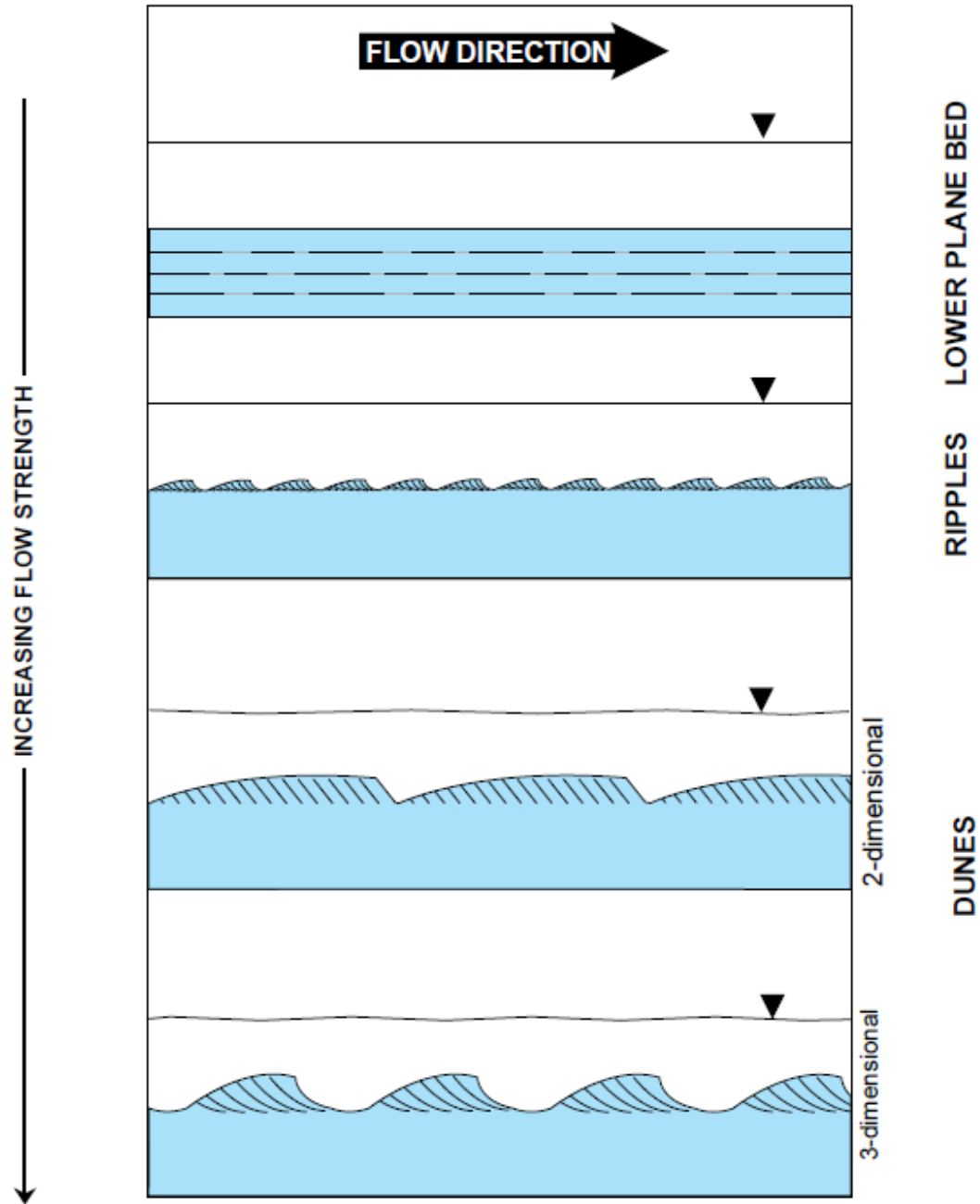
Vznik proudových bedforem

- Laterální migrace čerhín ve směru proudění
- Většinou eroze celé předchozí čerhiny
- Občasné zachování spodních částí snížením proudu pod unášecí schopnost / překrytí kohezivním jílem (např. v intertidálním prostředí) / velkým množstvím sedimentu / saturací podzemní vodou v eolickém prostředí...



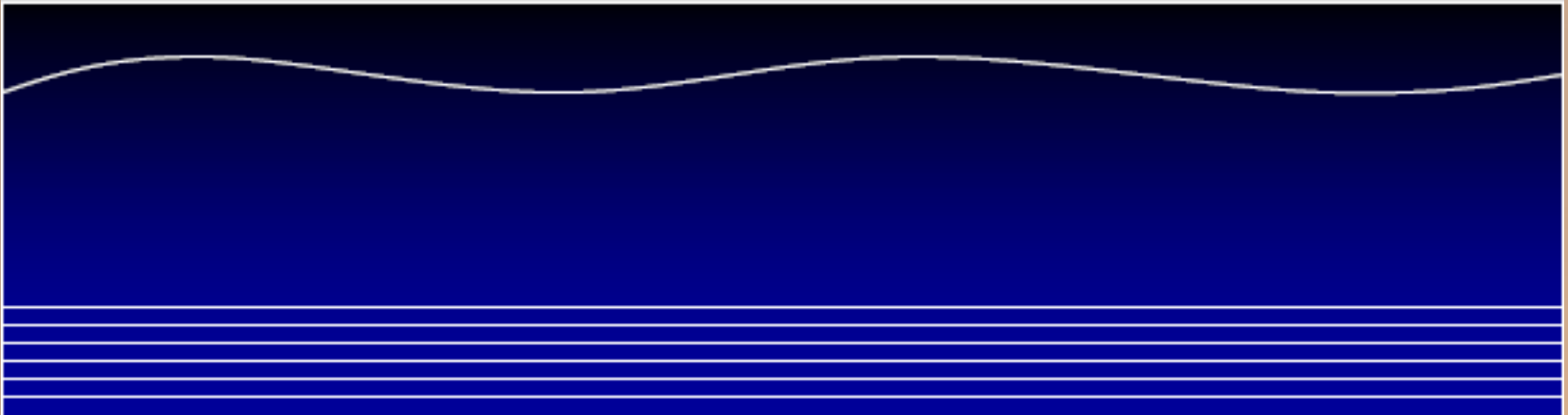


SEQUENCE OF LOWER FLOW REGIME BEDFORMS PRODUCED UNDER UNIDIRECTIONAL FLOWS



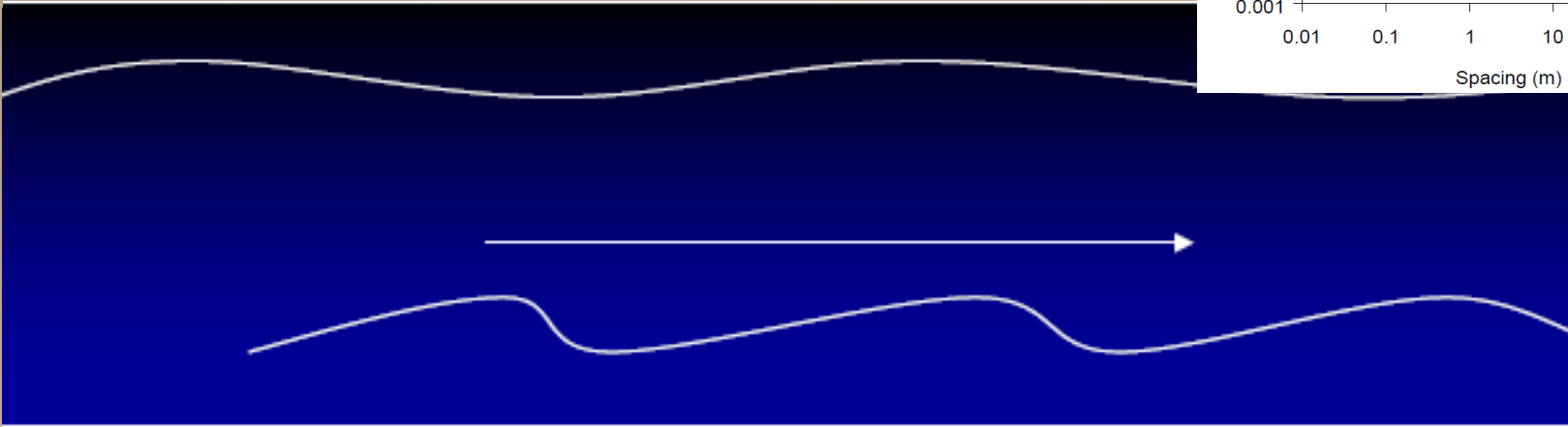
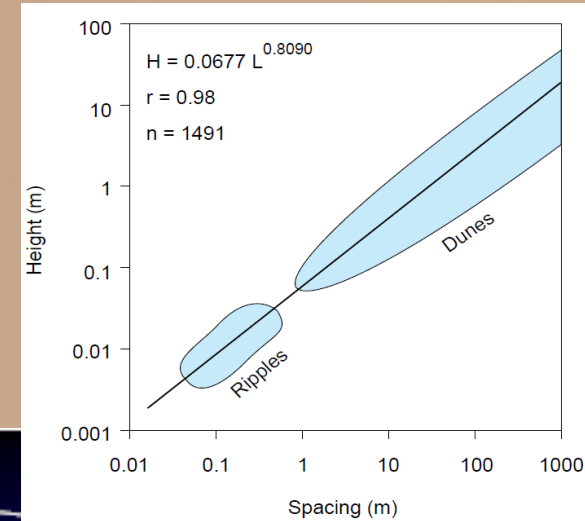
Vznik bedforem – spodní proudový režim

- Velmi pomalé proudění – vznik lamin
- Laminace odráží změny v zrnitosti – řízeno fluktuací síly proudu, který třídí zrna



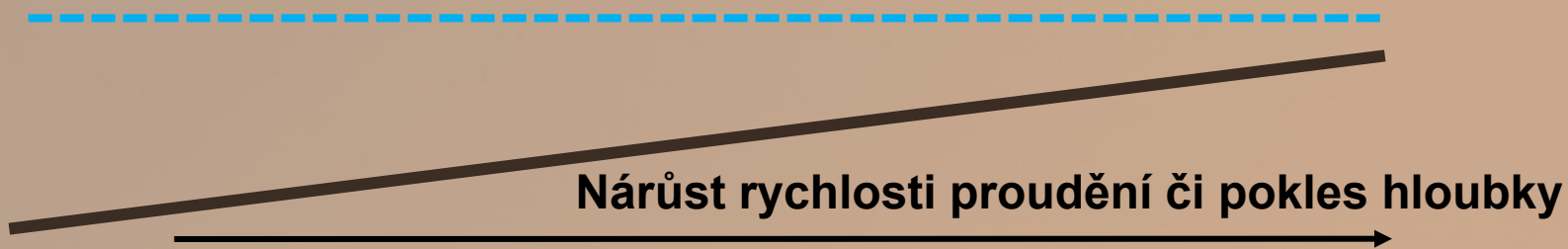
Vznik bedforem – spodní proudový režim

- Pomalé proudění – vznik malých asymetrických čeřin
- Sklon závětrné strany 20-34
- Výška 3 – 5 cm
- Vlnová délka 4 – 40 cm
- <https://youtu.be/rSzGOC04JEk>



Vznik bedforem – spodní proudový režim

- Se vzrůstající rychlostí proudění se mění geometrie čeřin



Discriptive term for crest-line

2-dimensional

3-dimensional

Straight

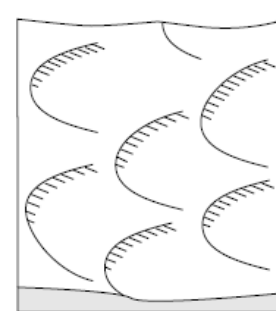
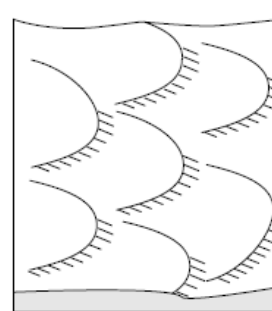
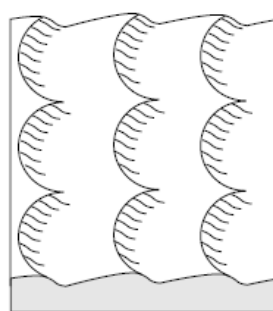
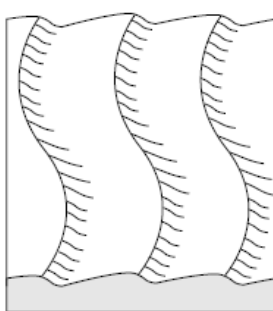
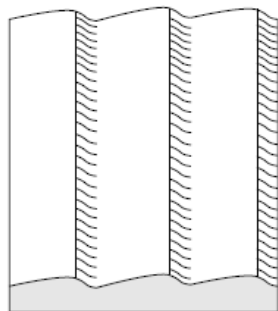
Sinuus

Catenary

Linguoid

Lunate

Plan-view shapes of ripples



FLOW DIRECTION

Increasing flow duration and/or (?) strength

Přímé

sinusoidální

jazyčkové

srpečkové

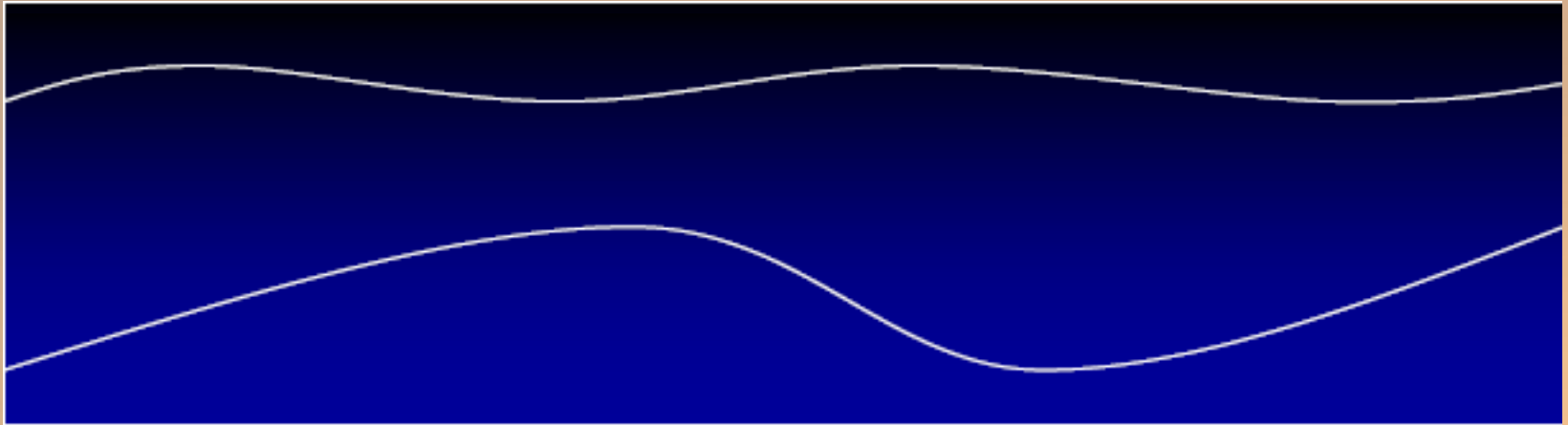
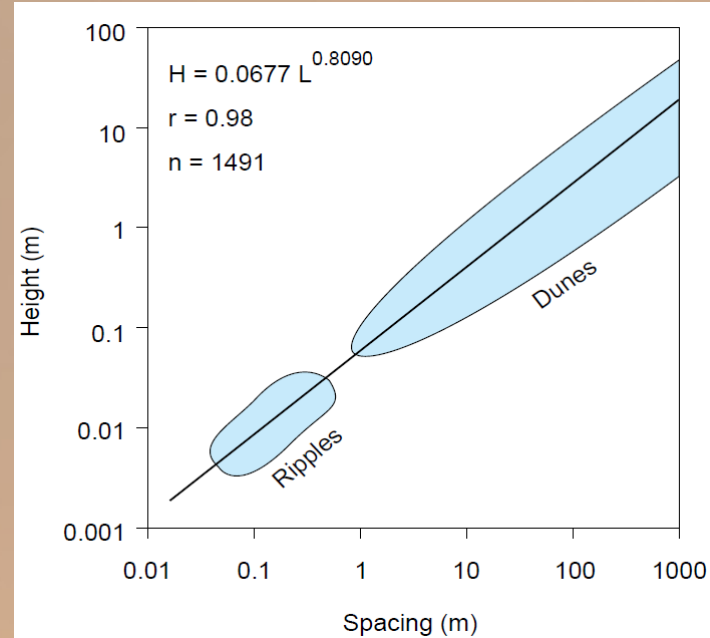
Vznik bedforem – spodní proudový režim

- Proudové asymetrické čeřiny

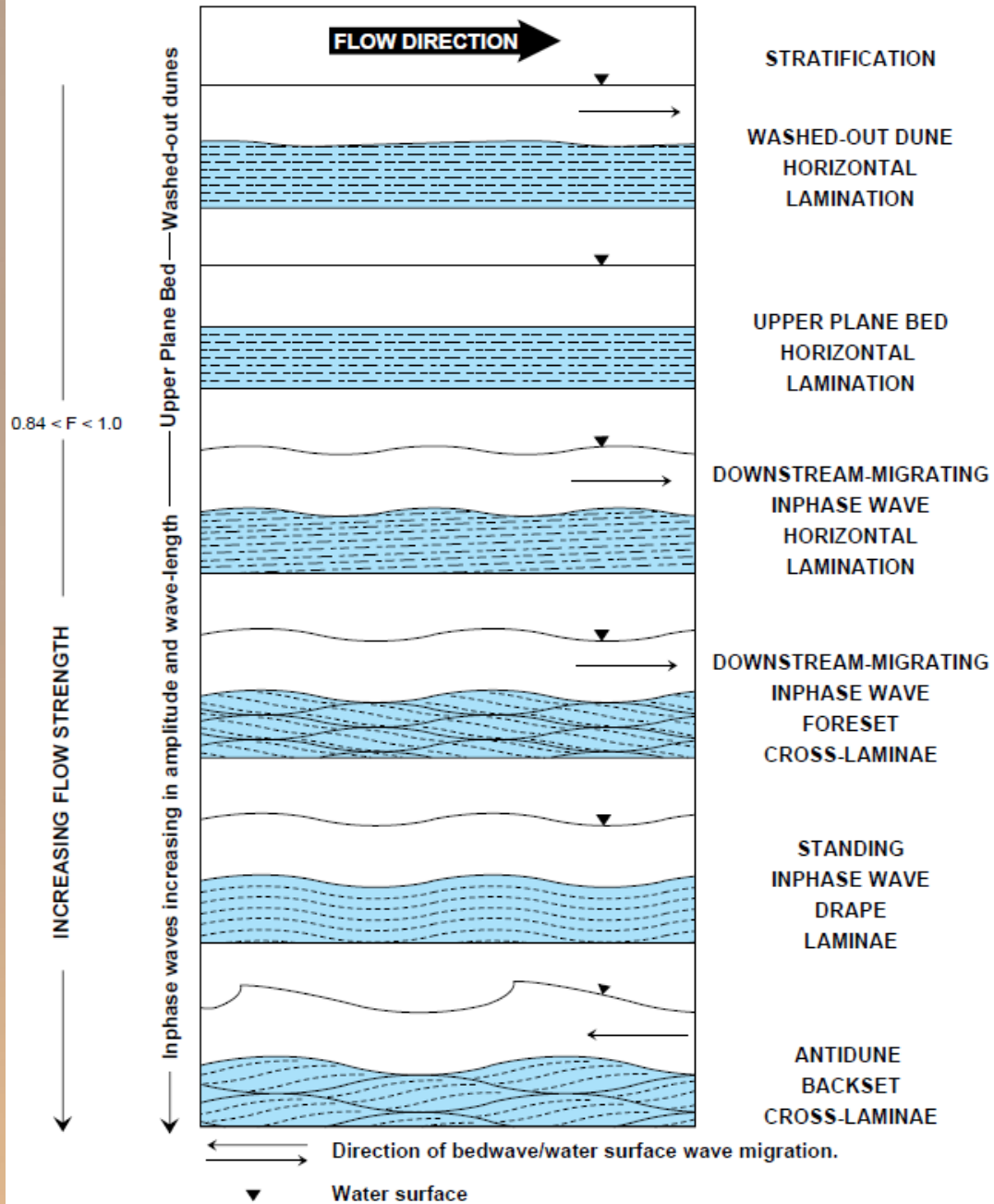


Vznik bedforem – spodní proudový režim

- Střední rychlost proudění – vznik velkých čeřin (megačeřiny, duny)
- Výška 5 cm až metry
- Vlnová délka 60 cm až metry
- <https://youtu.be/cJo0fTpJypg>
- <https://youtu.be/KYvWwbEi0A0>



SEQUENCE OF UPPER FLOW REGIME BEDFORMS PRODUCED UNDER UNIDIRECTIONAL FLOWS



Vznik bedforem – svrchní proudový režim

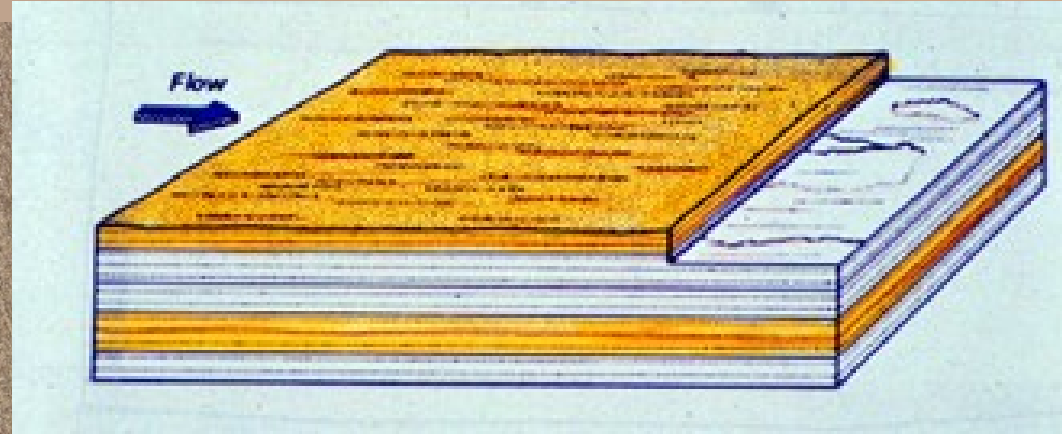
- Vysoká rychlost proudění – turbulentní proudění přechází v plošný tok
- vznik laminace svrchního proudového režimu
- Sediment proudí a je strháván po povrchu

Rychlost proudění 0.6 m/s to 1.5 m/s



Vznik bedforem – svrchní proudový režim

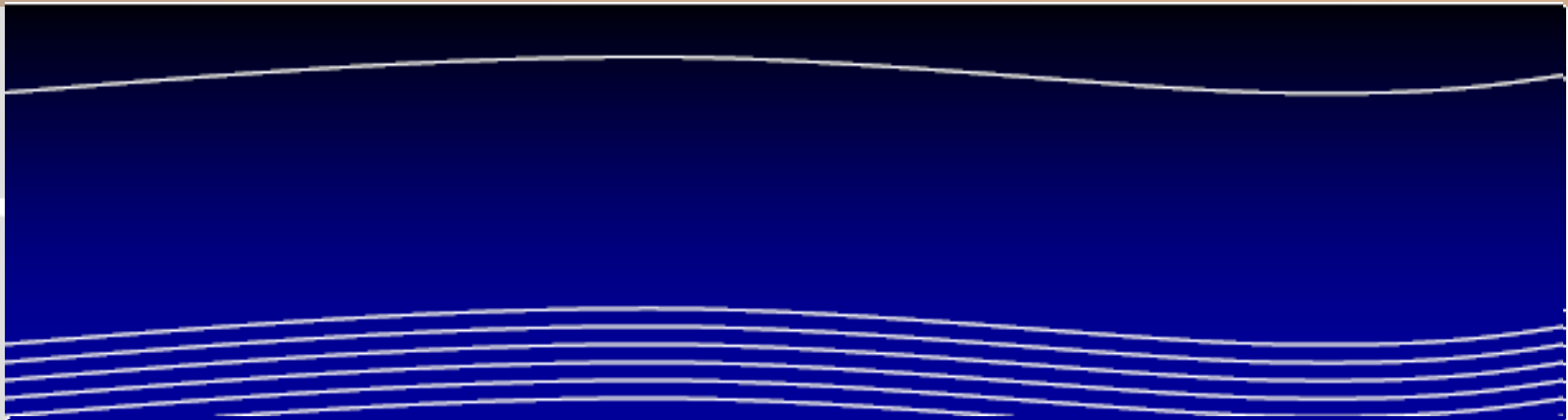
- Vznik proudové lineace
(rozdíl od paralelní laminace spodního proudového režimu)



Vznik bedforem – svrchní proudový režim

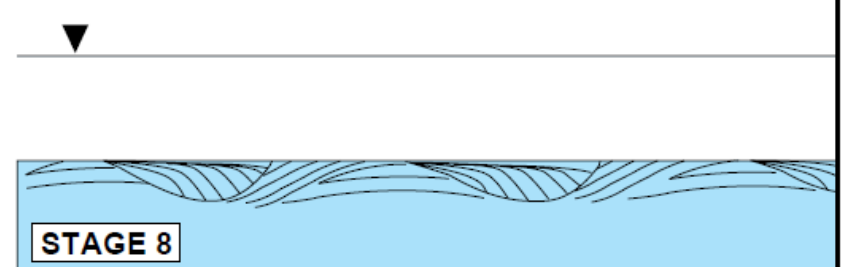
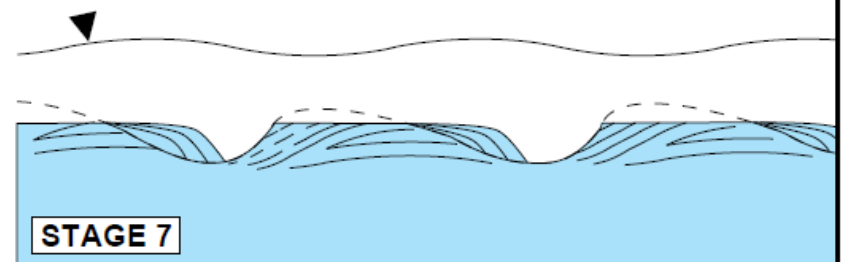
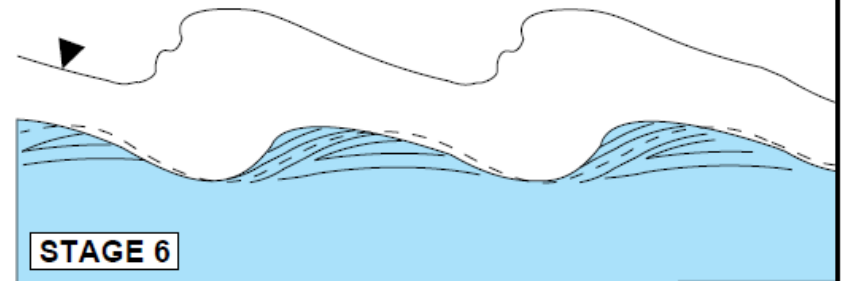
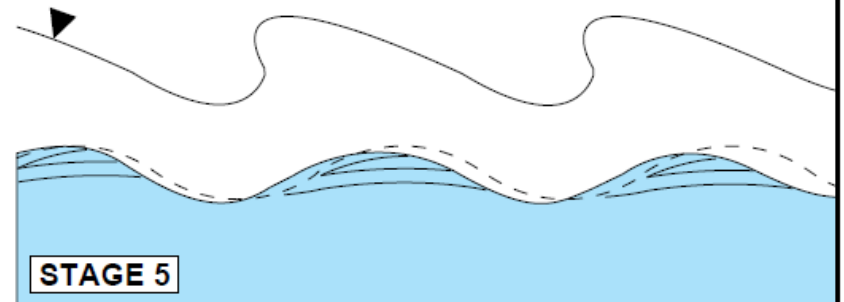
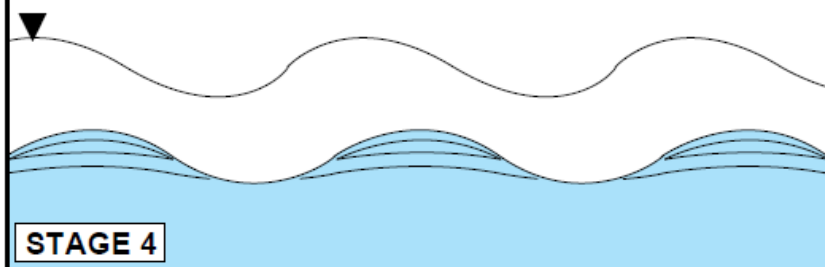
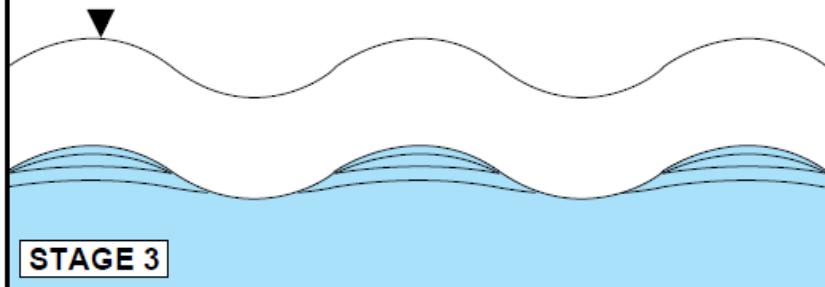
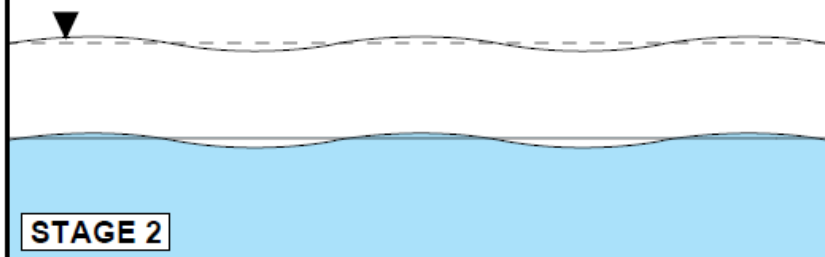
- Velmi vysoká rychlost proudění – vznik antidun
<https://youtu.be/H6FwQesmtaQ> https://youtu.be/L_LzB472-wQ
- Tok ve fázi / kopíruje bedformy
- Stacionární (nemigrují) nebo pomalu migrují proti proudu
<https://youtu.be/TxSTFja-rqU> <https://youtu.be/fHk0pCVZ08M>
- Sedimentace na návětrné straně, eroze na závětrné

- Velmi malý potenciál zachování



IDEAL BEHAVIOUR OF ANTIDUNES

FLOW DIRECTION 

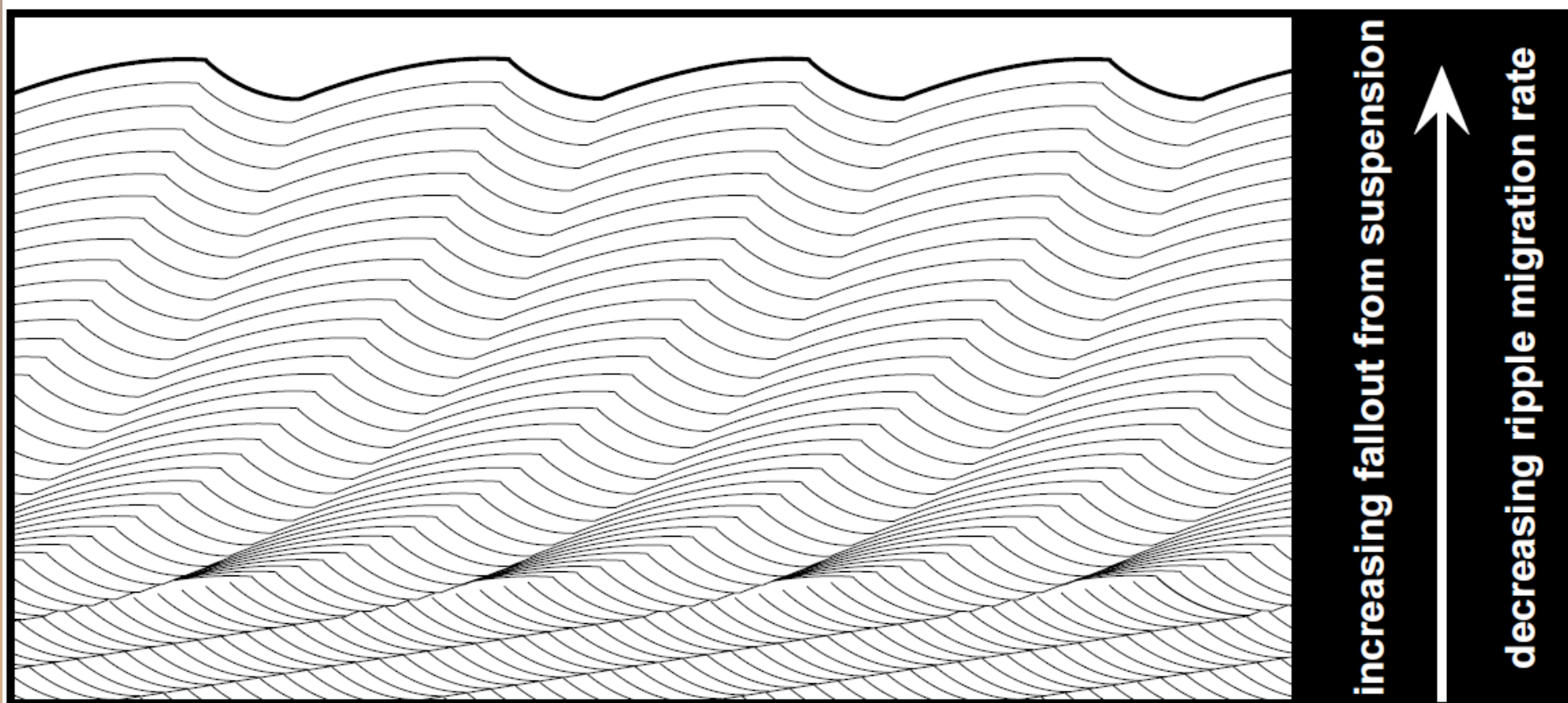


Vznik bedforem – svrchní proudový režim



Vznik bedforem – svrchní proudový režim

- Šplhavé čeřiny – pokud je značné množství unášeného sedimentu a vysoká rychlost proudění
<https://youtu.be/tADu99FM3-c>
- Hranice mezi sety nejsou výrazně erozivní a čeřiny migrují přes sebe
- Čím vyšší rychlost proudění tím strmější šplhání



Vznik bedforem – svrchní proudový režim

- Šplhavé čeřiny

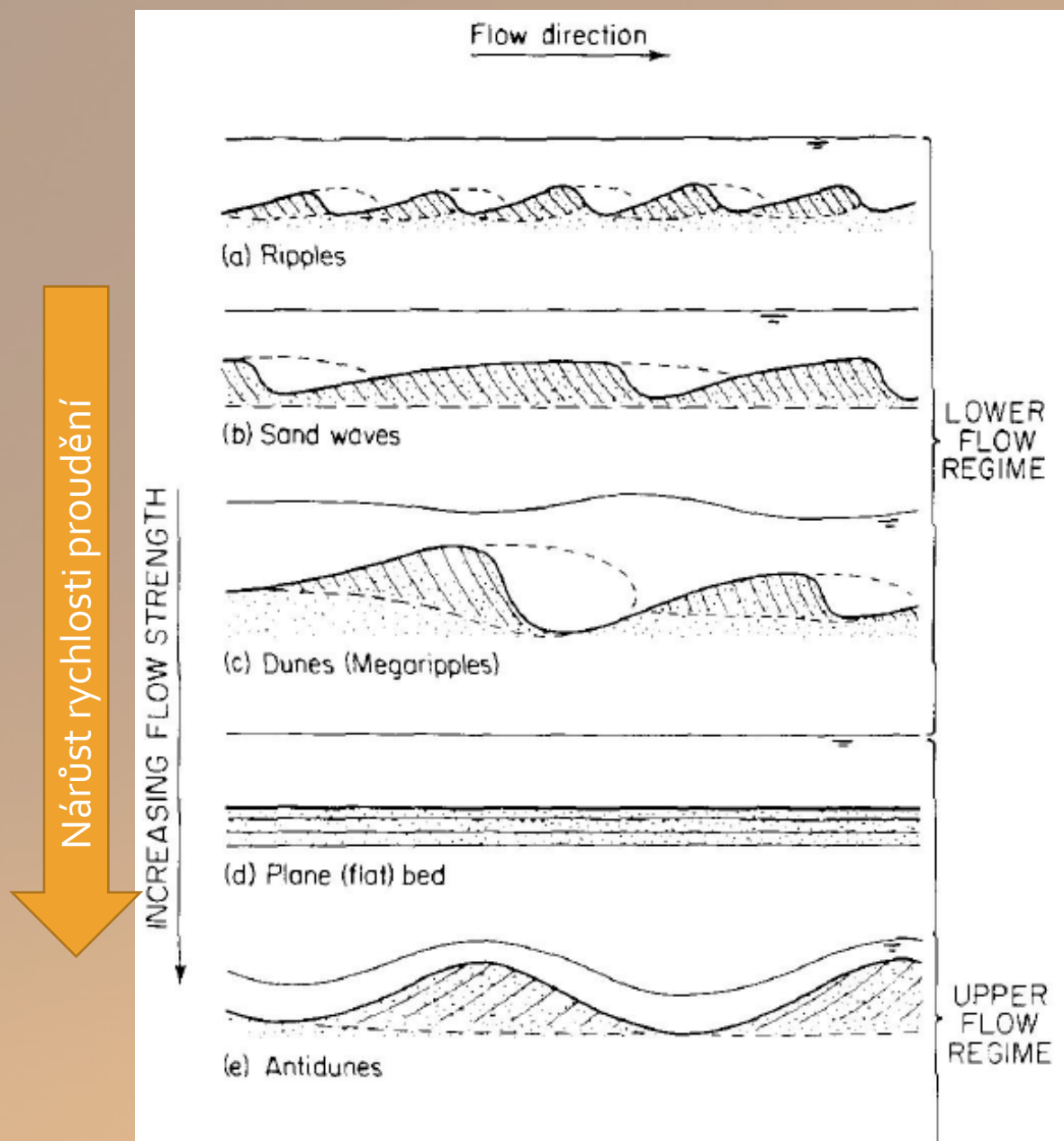


Vznik bedforem – svrchní proudový režim

- Šplhavé čeřiny



Vznik proudových bedforem - shrnutí

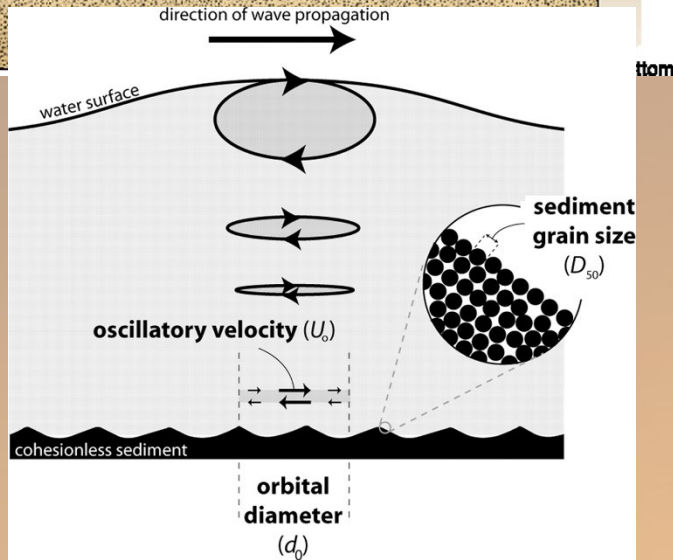
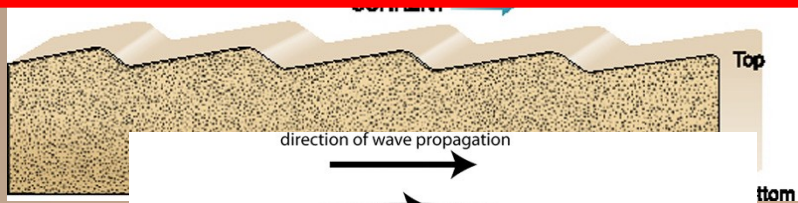
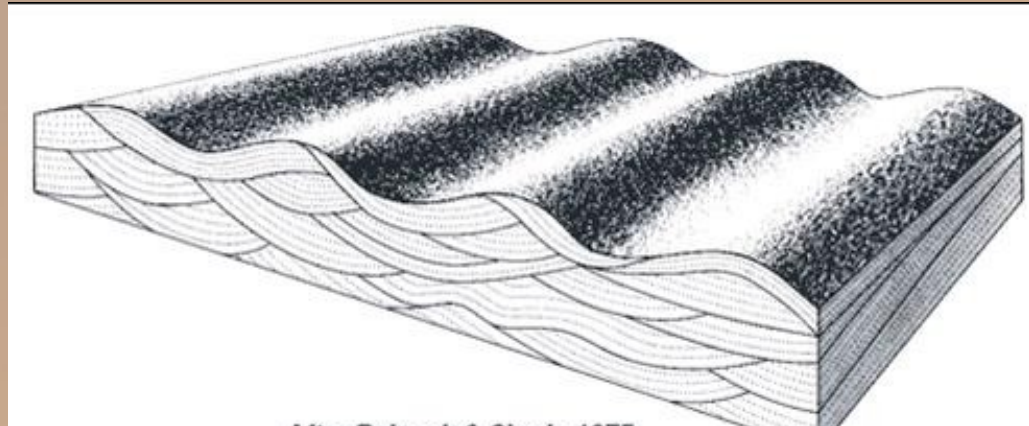
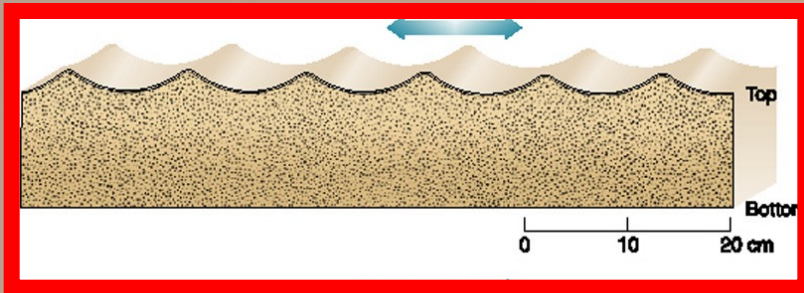


Nárůst rychlosti proudění

Vznik oscilačních vlnových bedforem -

<https://youtu.be/zRGUMddjRGg>

<https://youtu.be/MBDadRqSHOc>



Vznik oscilačních vlnových bedforem -

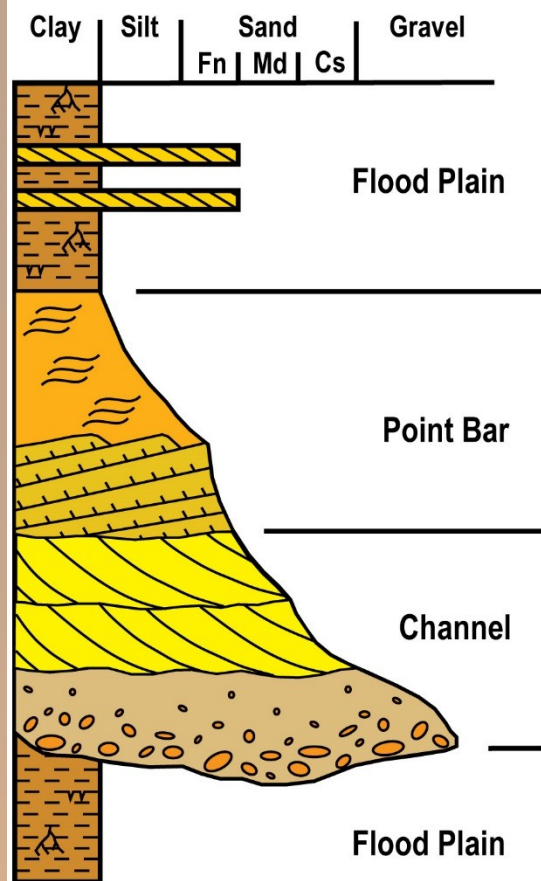


Wave ripple marks on an exposed beach in Mexico.

Bedformy inunditů

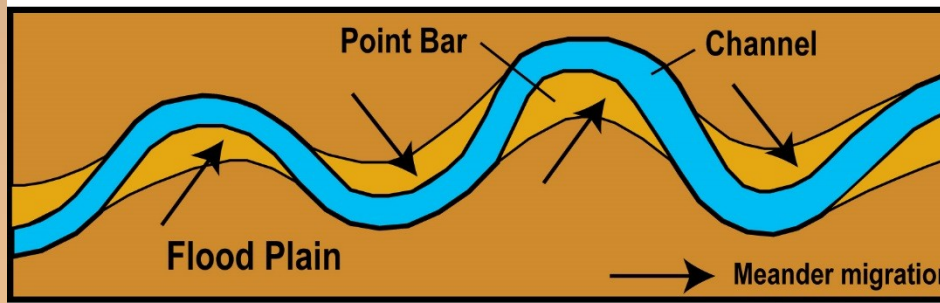
- Laterální korytová akrece
- Vertikální mimokorytová akrece
- V meandrujících a anastamozujících řekách spodní proudový režim
- Svrchní bystrinný režim v divočících tocích

Ideal Facies Sequence



Aerial View of a Meandering River

Kenneth A. Bevis © 2014



Bedformy turbiditů

- Boumova sekvence (siliciklastika)
- <https://youtu.be/8gYJJjxY8g0>
- Meischnerova sekvence (karbonátová klastika)

CARBONATE TURBIDITE

PELAGIC SEDIMENT	SHALE	E	
FINE GRAINED LOW DENSITY TURBIDITE DEPOSITION	BARREN MICRITE	D'	
LOWER FLOW REGIME	LAMINATED FINE MSP	D	
LOWER FLOW REG	RIPPLE LAM	C	
UPPER FLOW REGIME PLANE BED	LAMINATED MICROSPAR	B	
UPPER FLOW REGIME RAPID DEPOSITION	MASSIVE GRADED BIOSPARITE	A	

CLASTIC TURBIDITE

E	INTER TURBIDITE	PELAGIC SEDIMENTATION	
D	UP PARALLEL LAMINAE	LOWER FLOW REGIME	
C	RIPPLES	LOWER FLOW REGIME	
B	PLANE PARALLEL LAMINAE	UPPER FLOW REGIME PLANE BED	
A	MASSIVE GRADED BEDS	UPPER FLOW REGIME RAPID DEPOSITION	

Bedformy tempestitů



Ripple marked fine grain sandstone with planolite trace fossils

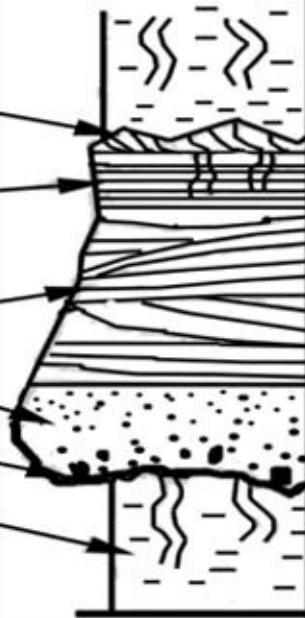
Laminated sandstone with escape trace fossils and occasional plant debris

Hummocky cross stratification

Graded bed with with intraclasts (rip-up clasts) at the base

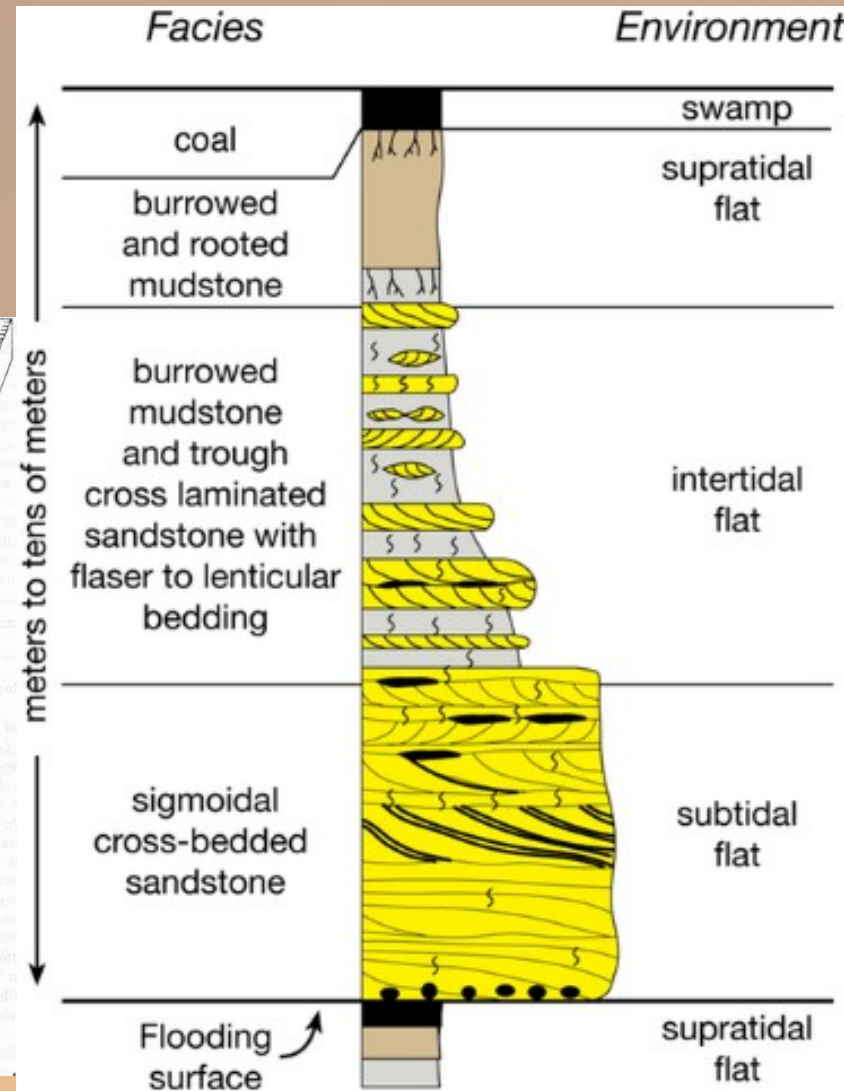
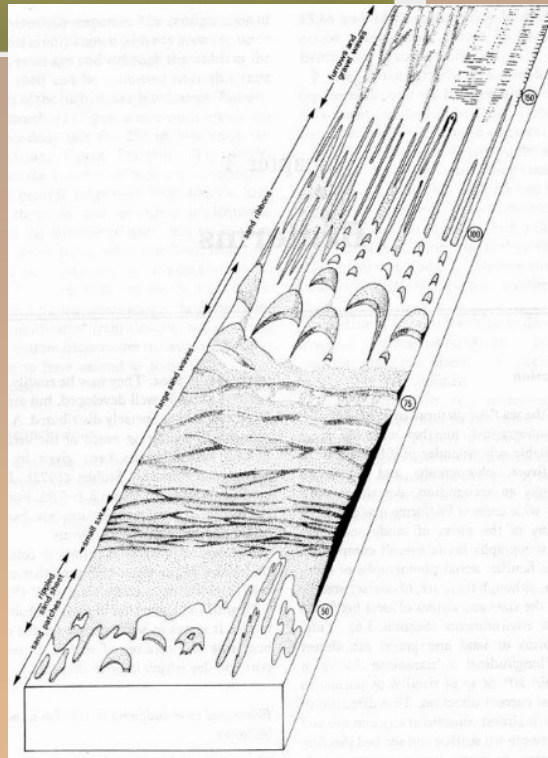
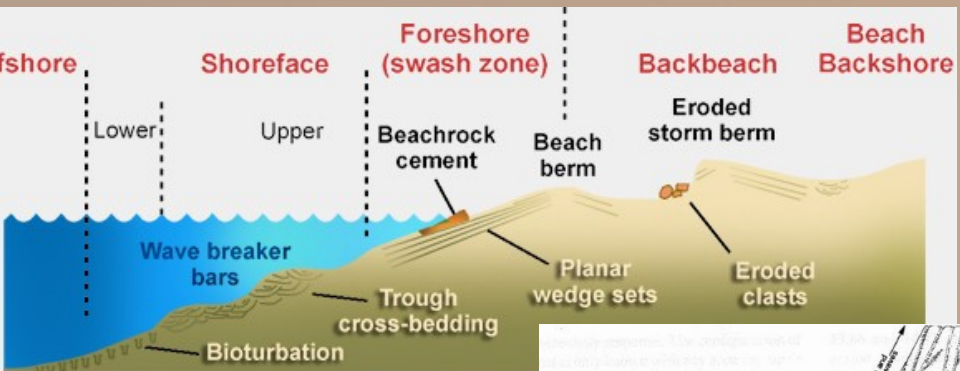
Erosional base with with tool marks

Fine clastics with skololithos traces



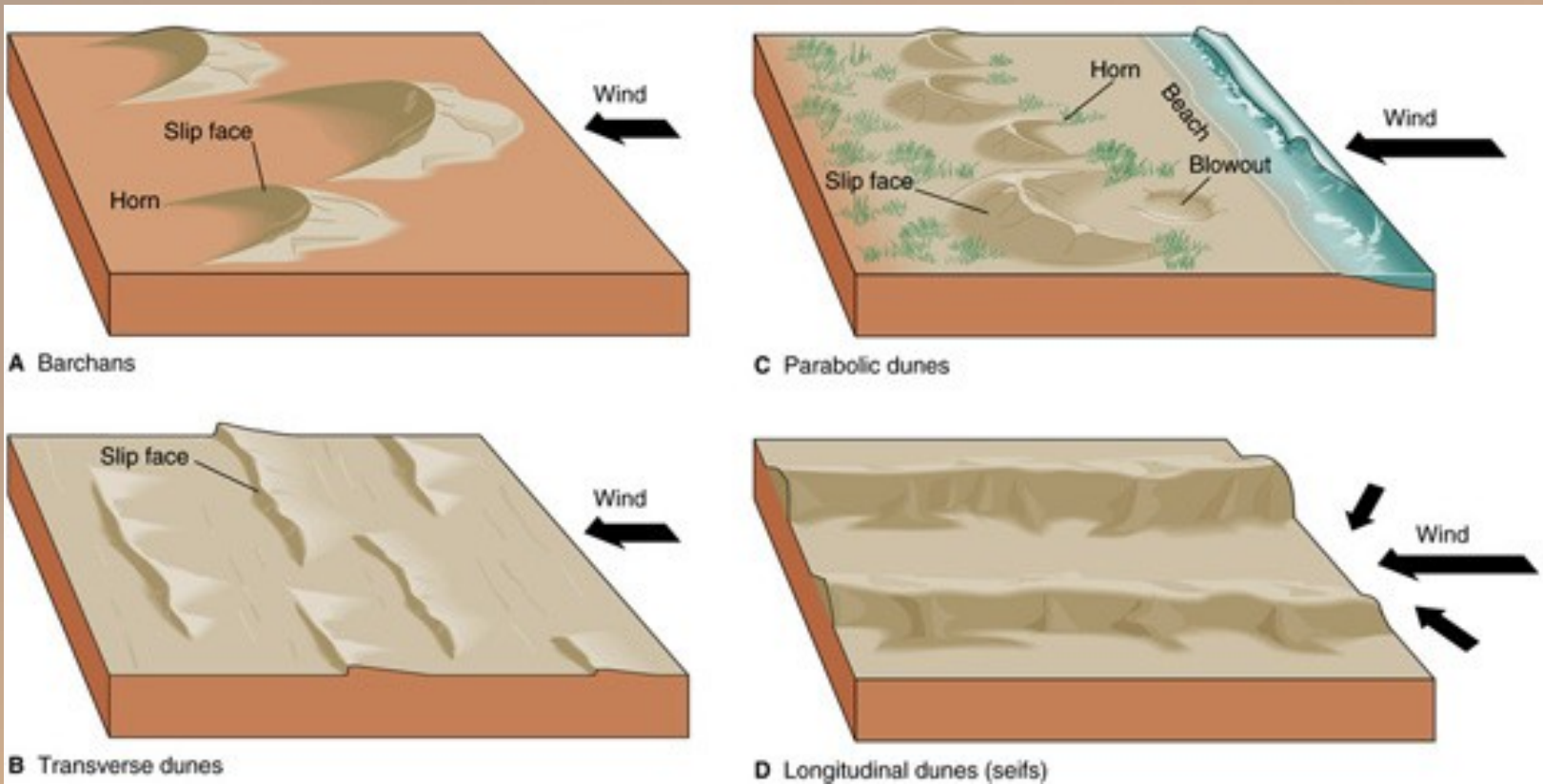
Pobřežní bedformy

- Typicky převažují progradující sekvence



Eolické bedformy

- Duny



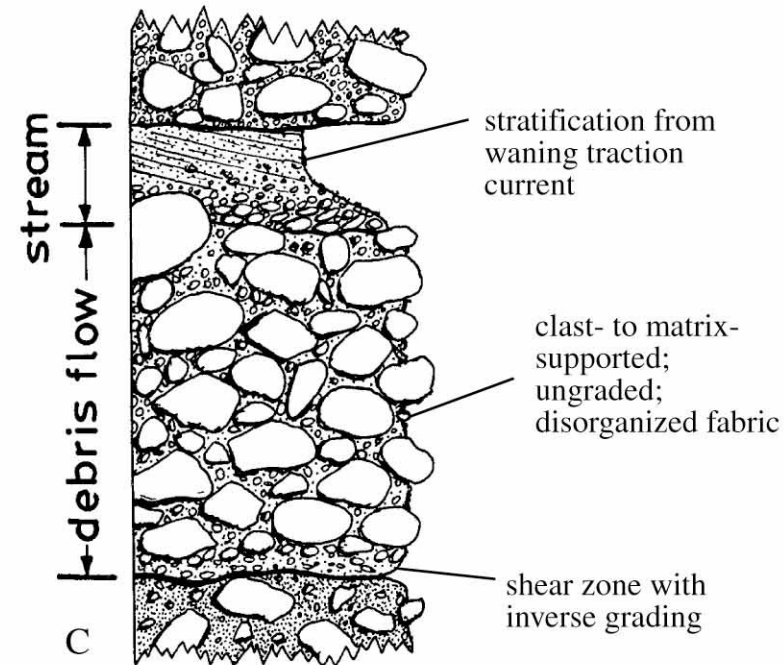
Zvrstvení

- **Zvrstvení**

- Chaotické, neuspořádané
- Nezřetelné (masivní)
- Gradační
- Zvlněné
- Planární šikmé
- Výmlové šikmé
- Čočkovité
- Nodulární (hlíznaté)
- Konvolutní

Zvrstvení

- Chaotické, neuspořádané
- typické např. pro úlomkotoky



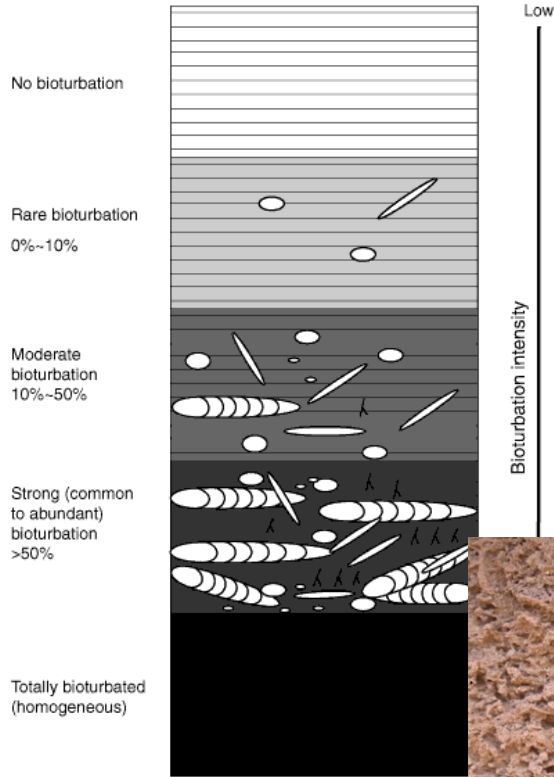
Zvrstvení

- **Masivní**
- Bez viditelných struktur
=struktury nezřetelné/zastřené
(např. bioturbací)
- Gravitační zrnokoky



Zvrstvení

- Bioturbace
- Zvíření sedimentu

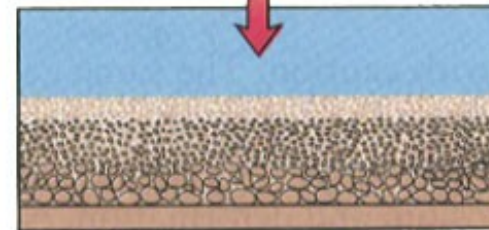
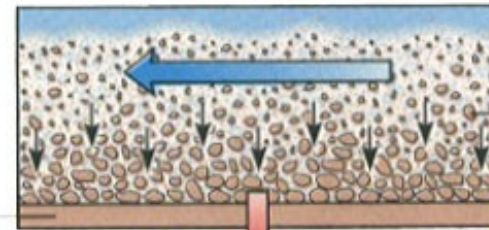
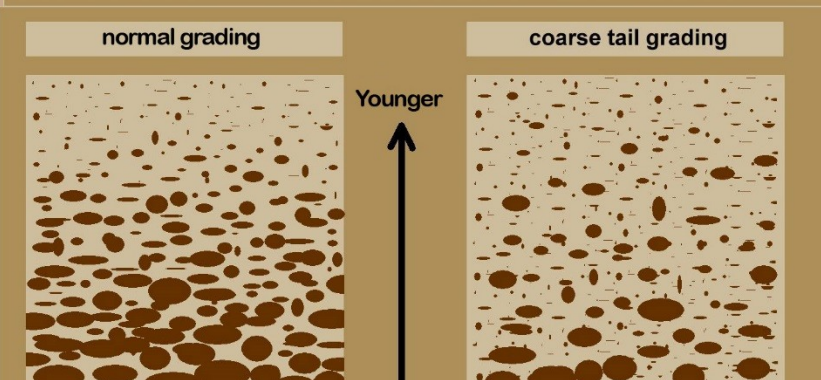
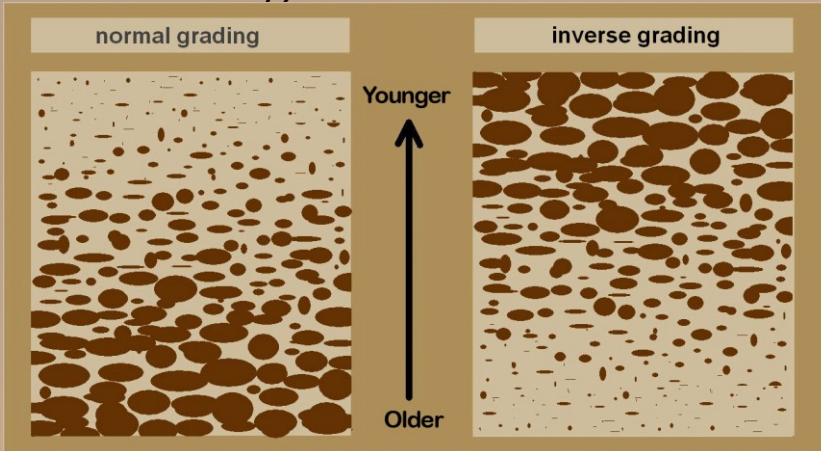
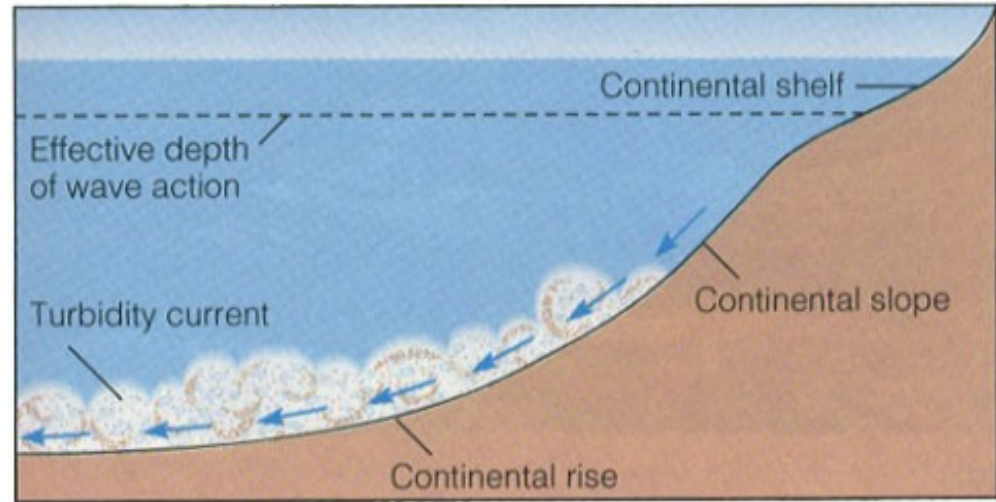


Grade	Classification	Visual Representation
0	Bioturbation Absent	
1	Sparse bioturbation, bedding distinct, few discrete traces	
2	Uncommon bioturbation, bedding distinct, low trace density	
3	Moderate bioturbation, bedding boundaries sharp, traces discrete, overlap rare	
4	Common bioturbation, bedding boundaries indistinct, high trace density with common overlap	
5	Abundant bioturbation, bedding completely disturbed (just visible)	
6	Complete bioturbation, total biogenic homogenization of sediment	

Zvrstvení

• Gradační zvrstvení

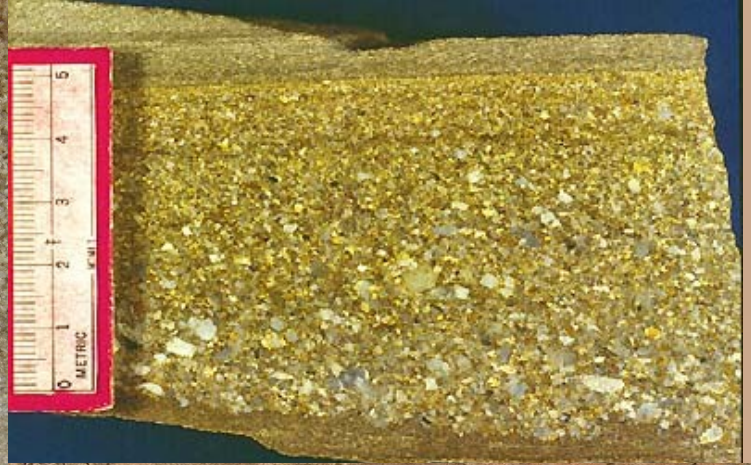
- Normální gradace – klesání energie proudu; běžná textura (turbidity, tempestity, inundity ...)
 - „Coarse tail“ textura
- Inverzní – narůstání energie proudu; méně běžná textura (např. znotoky, úlomtkoty)



Graded bed

Zvrstvení

- Gradační zvrstvení
- normální



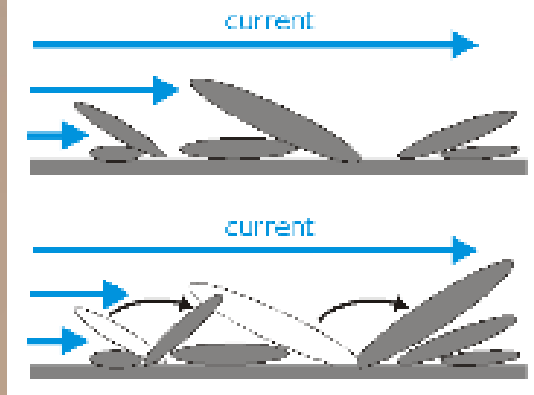
Zvrstvení

- Gradační zvrstvení
- inverzní



Zvrstvení

- Imbrikace



Zvrstvení

- Planární (sub)horizontální



Zvrstvení – vznik šikmé laminace

Formation of internal cross-strata by bedform migration

Position of brink over time

t₁ t₂ t₃ t₄ t₅ t₆ t₇ t₈ t₉

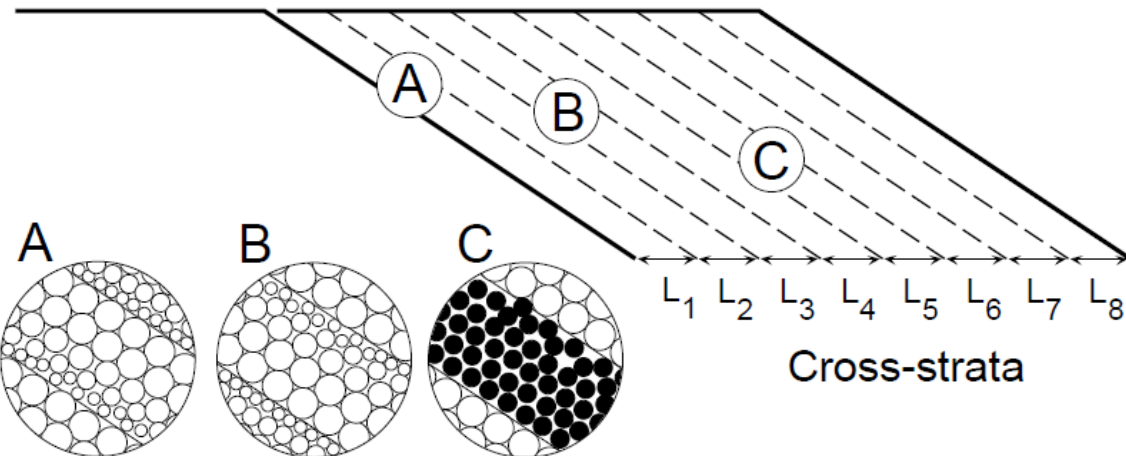
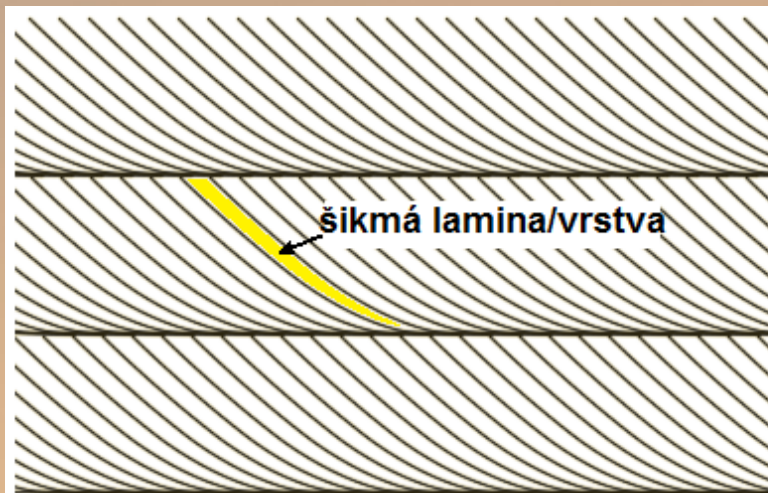


Figure 5-18. Illustration showing the formation of internal stratification with bedform migration by episodic deposition on the lee slope. Insets show internal form of cross-strata formed by avalanching (A; inversely graded), periodic fallout from suspension (B; normally graded) and deposition of heavy mineral-enriched sediment (C). See text for further discussion.



set šikmých
lamin/vrstev

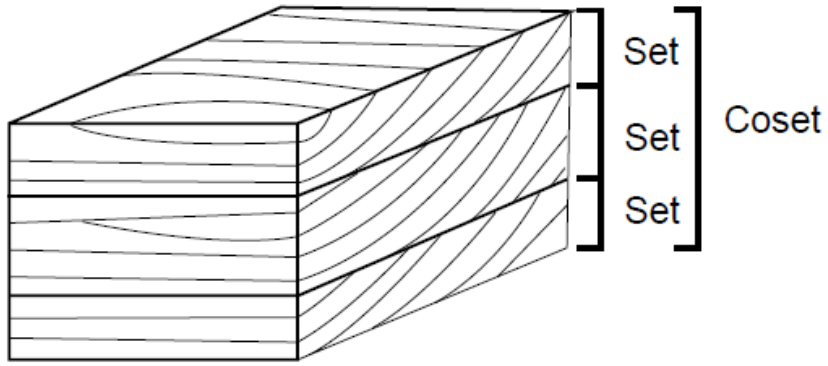
sety šikmých
vrstev/lamin

nebo

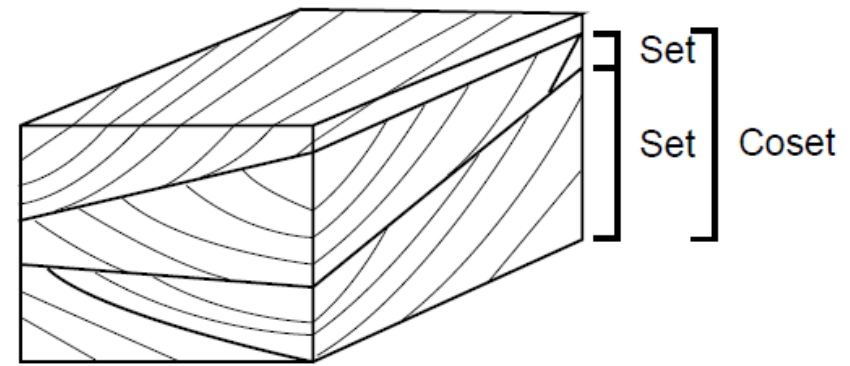
koset šikmých
vrstev/lamin

Zvrstvení

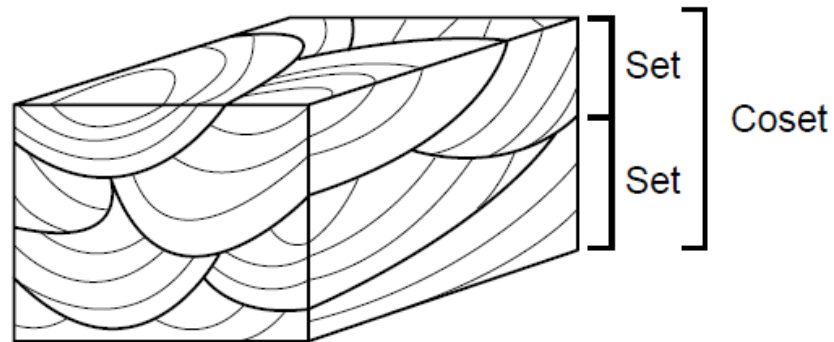
Planar tabular cross-stratification



Planar wedge-shaped cross-stratification

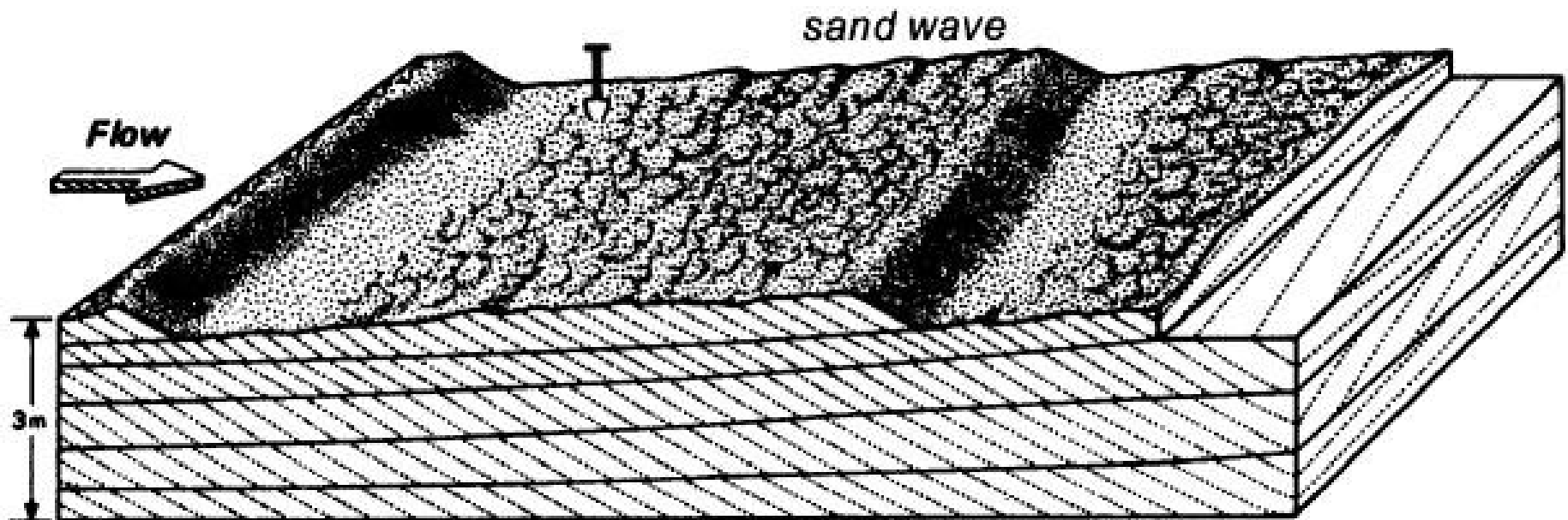


Trough cross-stratification



Zvrstvení

- Planární šikmé
- 2D čeřiny / duny



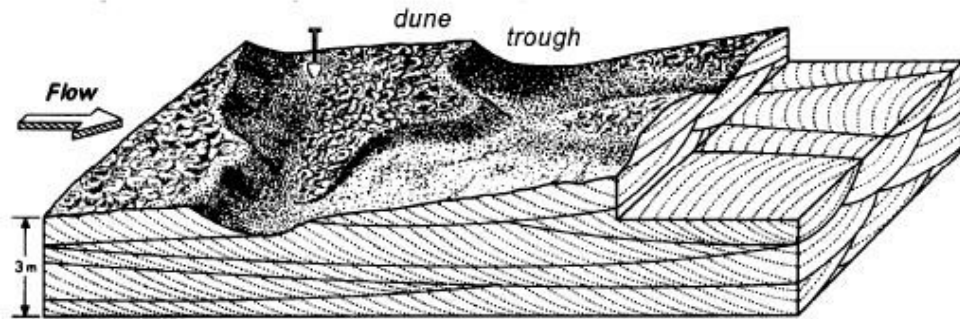
Zvrstvení

- Planární šikmé



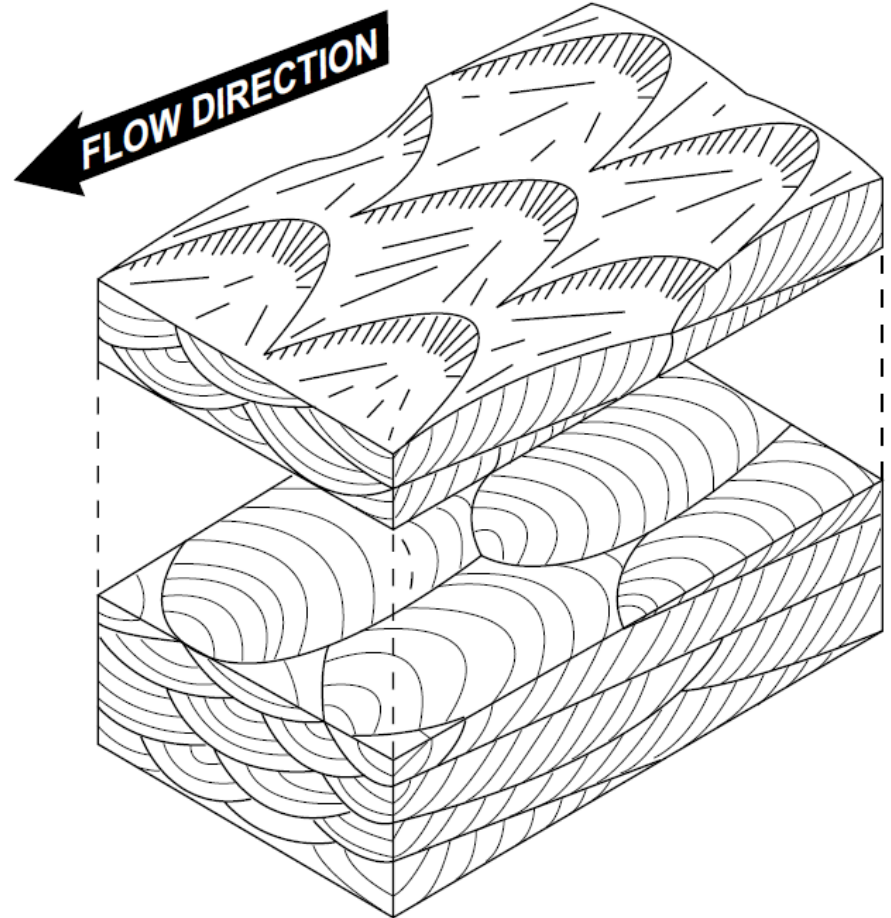
Zvrstvení

- Výmolové/korytovité šikmé
- 3D čeřiny / duny



Trough cross-bed sets. Diagram from Harms and others, 1975

3-dimensional dunes (trough cross-stratification)



Zvrstvení

- Výmolové šikmé



Zvrstvení

- **Křížové šikmé zvrstvení (herringbone structure)** – rytmické střídání protichůdných setů šikmého zvrstvení - tidální prostředí (příliv x odliv)



Zvrstvení

- Tidální svazky

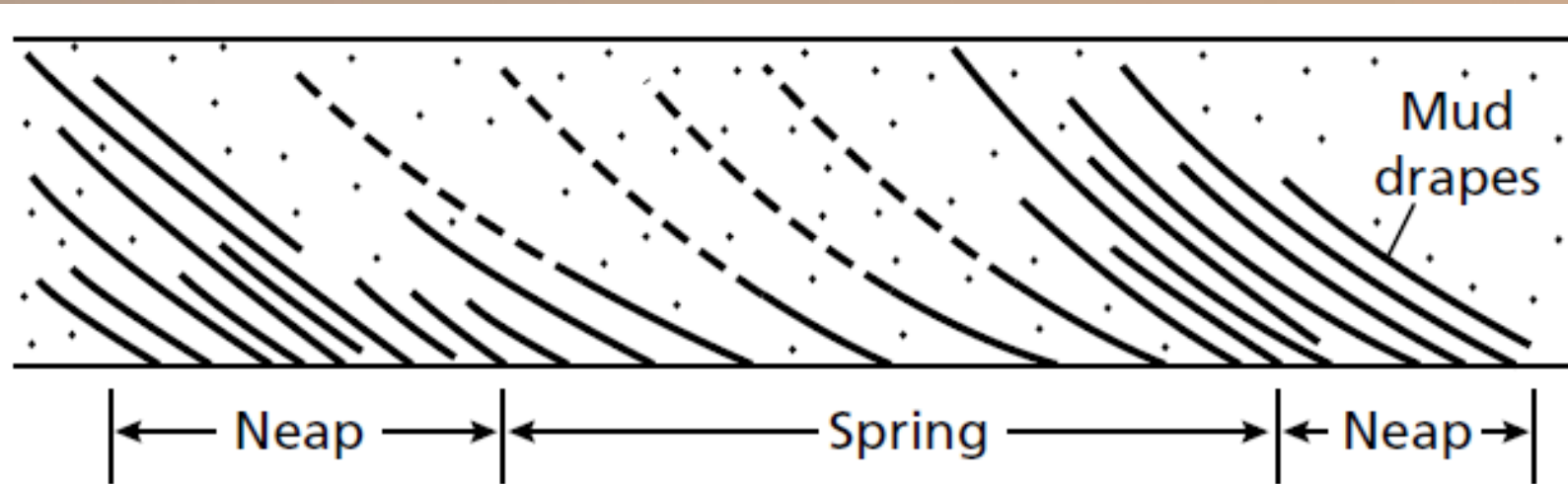
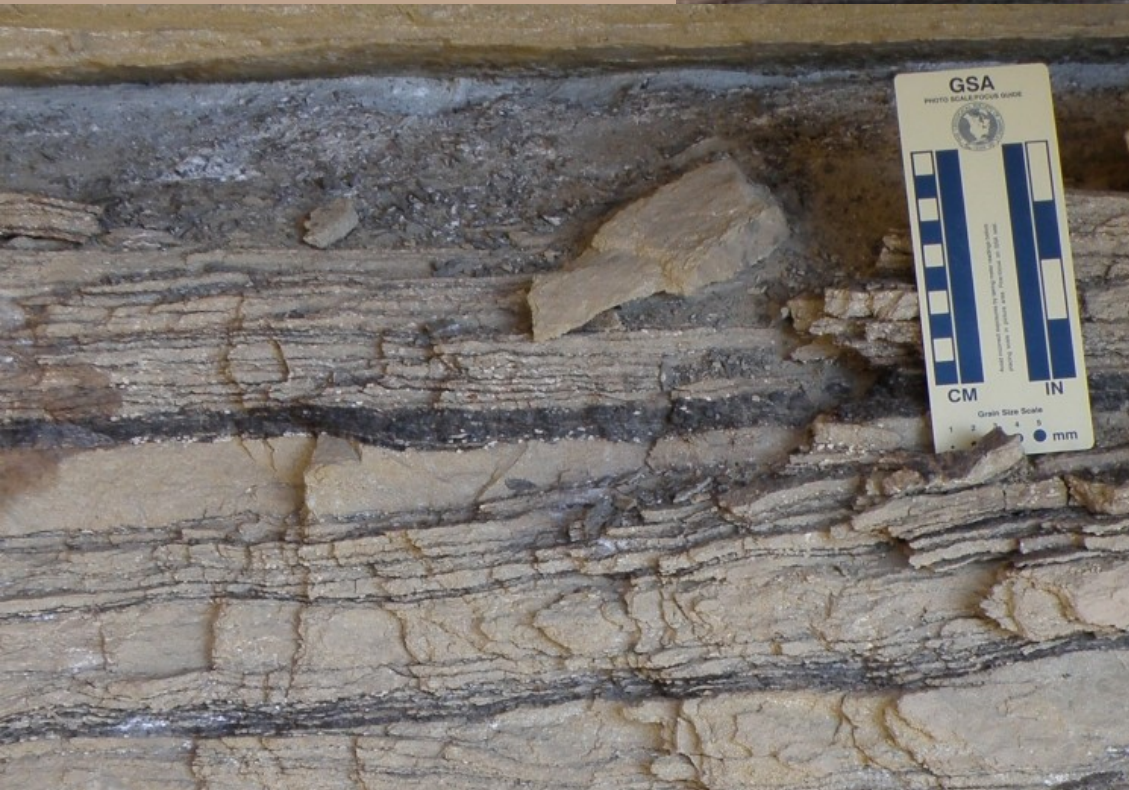


Fig. 2.25 Schematic sketch of tidal cross-bedding with tidal bundles defined by mud drapes upon foresets. Spacing of the sand–mud couplets can be indicative of spring–neap tidal cycles: thick, more sandy layers represent spring tides; thin, more muddy layers represent neap tides. The horizontal thickness of the neap–spring cross-bed unit is in the range 0.5–2 m.

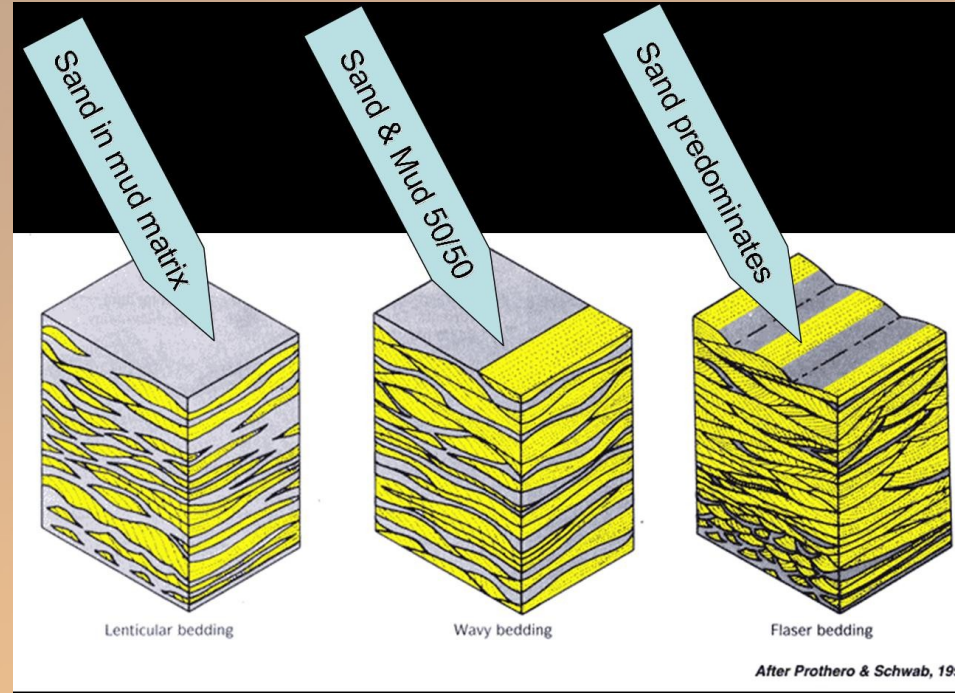
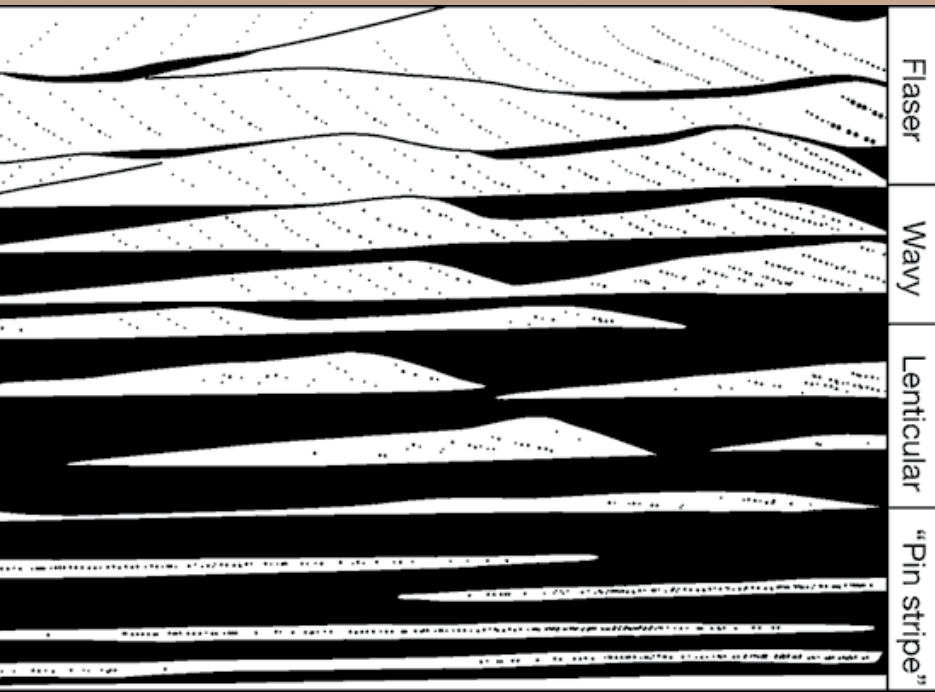
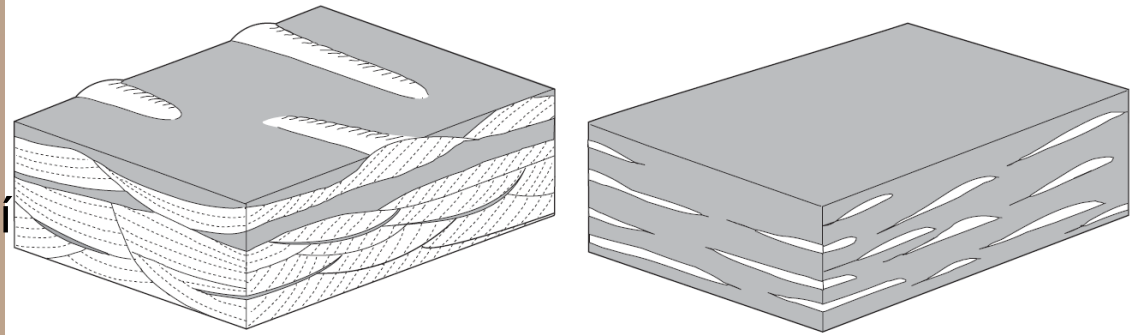
Zvrstvení

- Tidální svazky



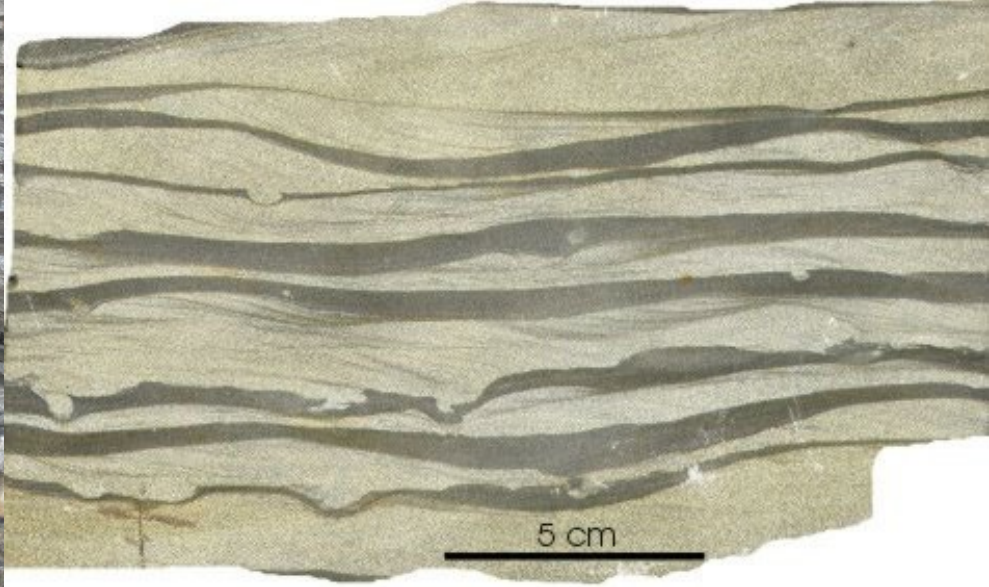
Zvrstvení

- Čočkovité a mázdřité
- Dvojsměrné střídavé proudění
- Typicky v tidálně ovlivněném prostředí (např. **estuária**)
- Migrace písečných bedforem při přílivu/odlivu, ukládání jemnozrnného materiálu v klidových fázích
- Ve fluviálních systémech v občasných tocích
- **Heterolitické facie**



Zvrstvení

- Čočkovité a mázdřité

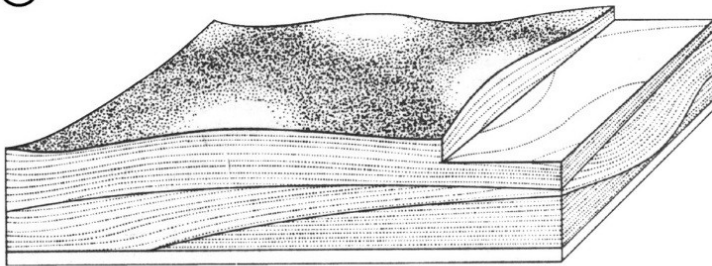


Zvrstvení

- **Hřbítkovité šikmé zvrstvení** (HCS – hummocky cross stratification)
- Kombinace jednosměrného a oscilačního proudění
- Silné bouřkové vlnění eroduje pod bází normálního vlnění v píscích a praších nepravidelný reliéf s hřbítka a sedly
- Erovaný materiál pak klesá dolů a vytváří laminy kopírující tento reliéf

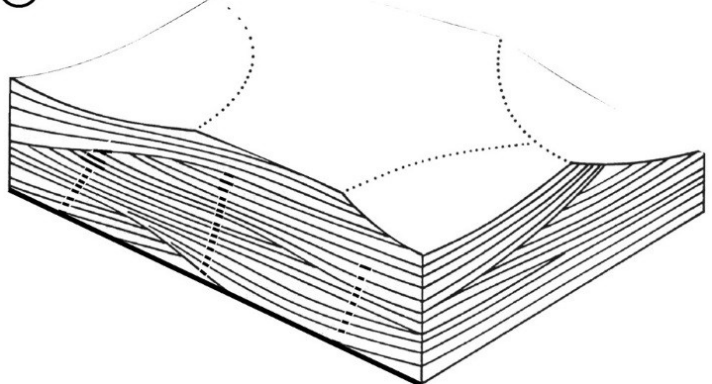
Hummocky cross-stratification

Ⓐ

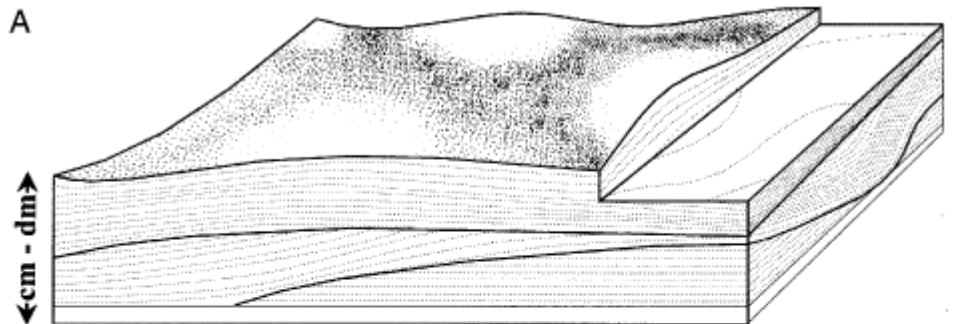


Swaley cross-stratification

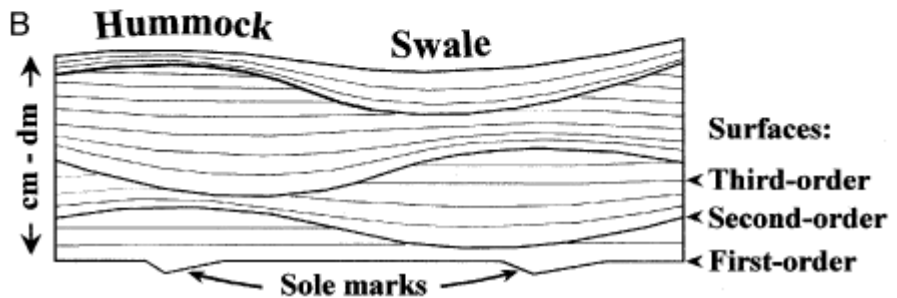
Ⓑ



A



B



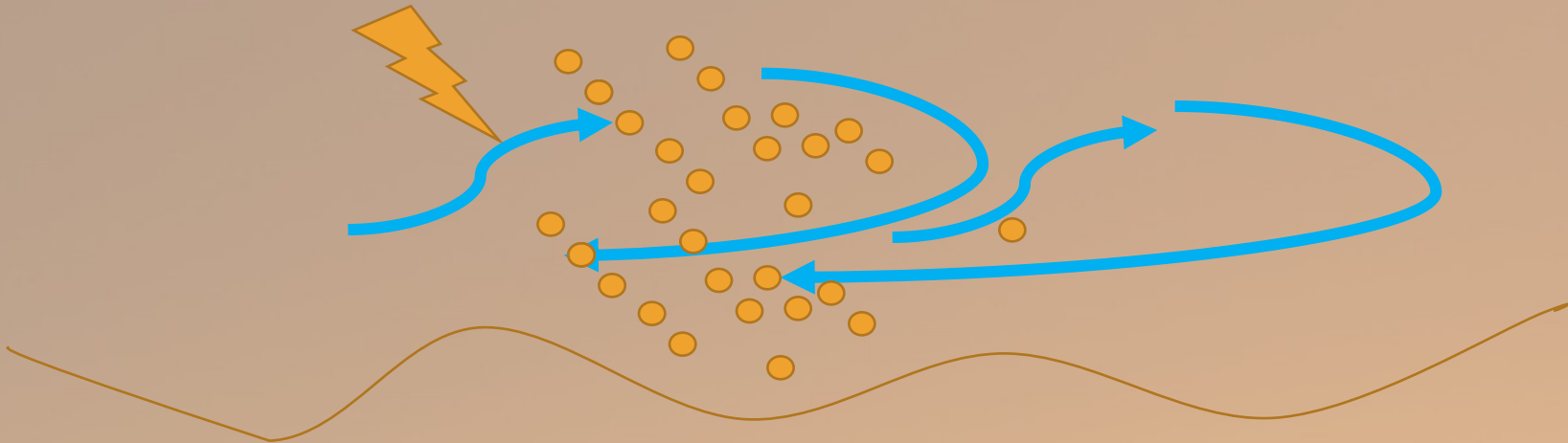
Zvrstvení

- **Hřbítkovité šikmé zvrstvení** (HCS – hummocky cross stratification)
- Kombinace jednosměrného a oscilačního proudění
- Silné bouřkové vlnění eroduje pod bází normálního vlnění v píscích a prašících nepravidelný reliéf s hřbítky a sedly
- Erodovaný materiál pak klesá dolů a vytváří laminy kopírující tento reliéf



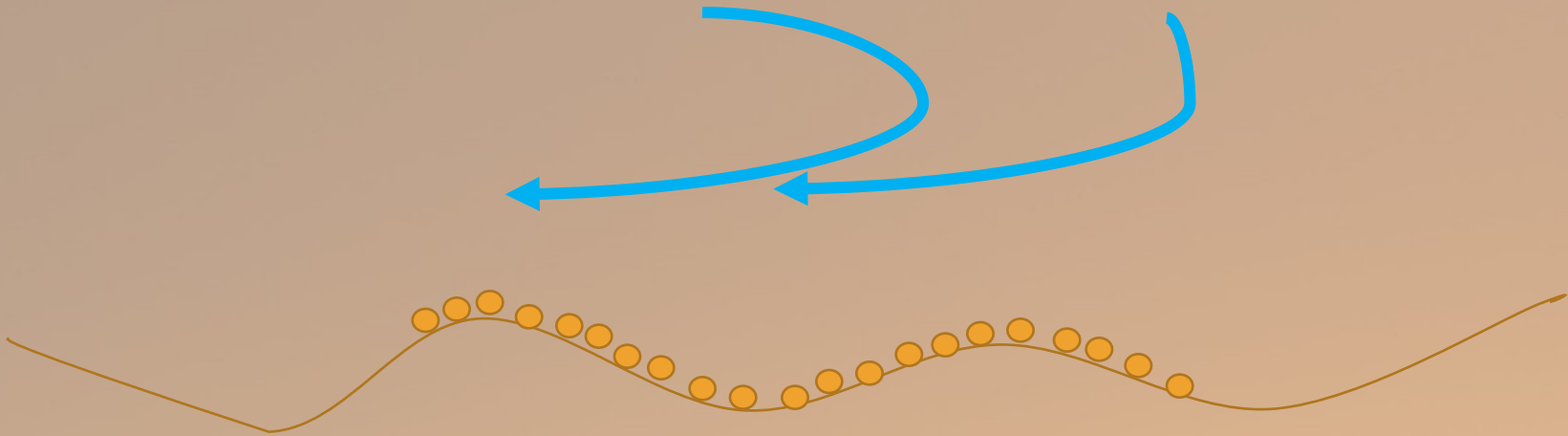
Zvrstvení

- **Hřbítkovité šikmé zvrstvení** (HCS – hummocky cross stratification)
- Kombinace jednosměrného a oscilačního proudění
- Silné bouřkové vlnění eroduje pod bází normálního vlnění v píscích a praších nepravidelný reliéf s hřbítka a sedly
- Erodovaný materiál pak klesá dolů a vytváří laminy kopírující tento reliéf

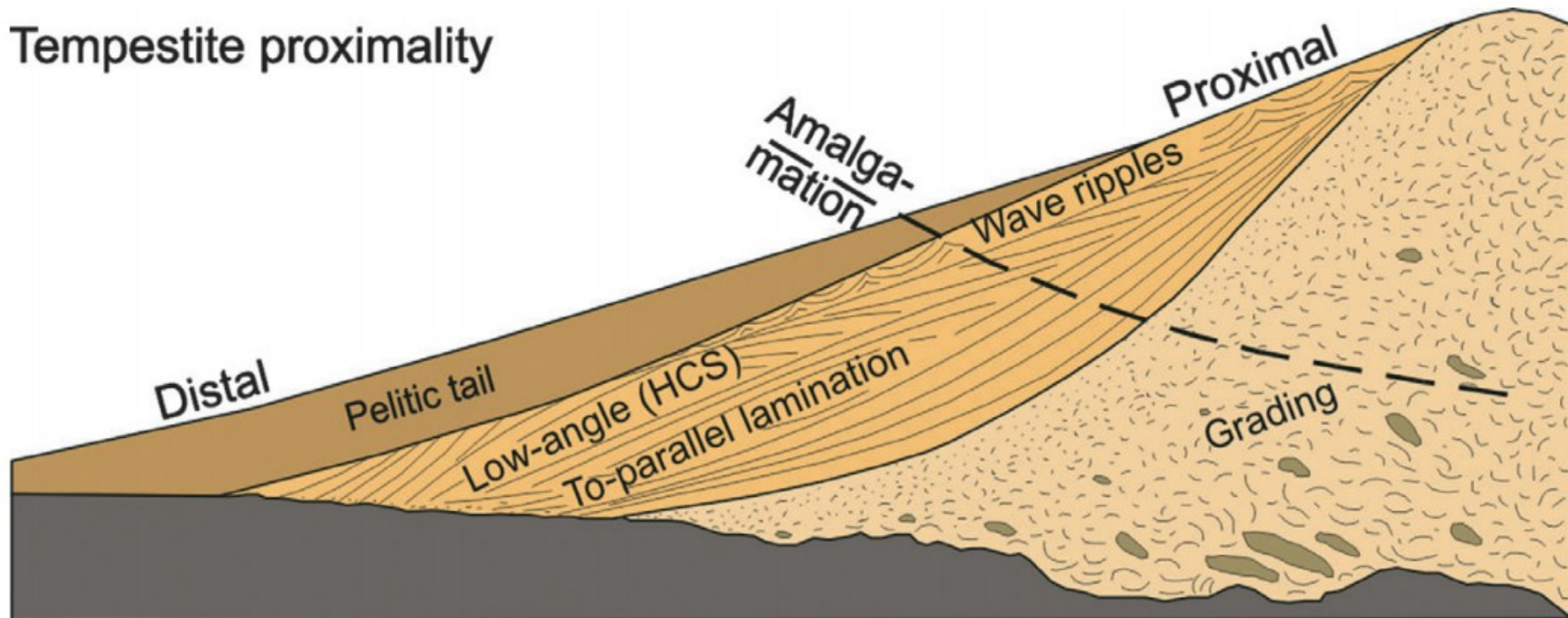


Zvrstvení

- **Hřbítkovité šikmé zvrstvení** (HCS – hummocky cross stratification)
- Kombinace jednosměrného a oscilačního proudění
- Silné bouřkové vlnění eroduje pod bází normálního vlnění v píscích a prašících nepravidelný reliéf s hřbítky a sedly
- Erodovaný materiál pak klesá dolů a vytváří laminy kopírující tento reliéf



Tempestite proximality



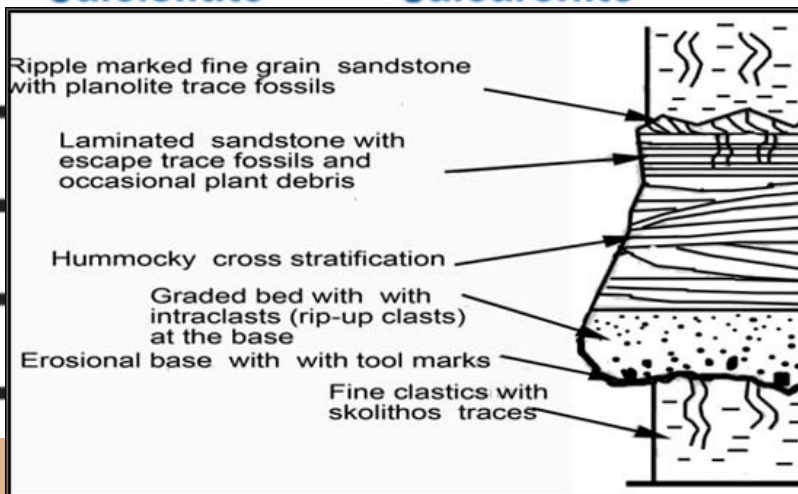
Calcilutite

Calcisiltite

Calcarenite

Calcirudite

Facies



Grain size

Intracl.

Amalgam.

BED-THICK.

Zvrstvení

- Hřbítkovité šikmé zvrstvení (HCS – hummocky cross stratification)



**Textury sekundární,
penekontemporární**

Zvrstvení (sekundární)

- **Konvolutní**
- Sekundární hydroplastická textura - vznik při skluzech sedimentů na svazích
- Deformace primárních textur (původní paralelní nebo šikmé laminace) do konvolutních (svinutých) vrás



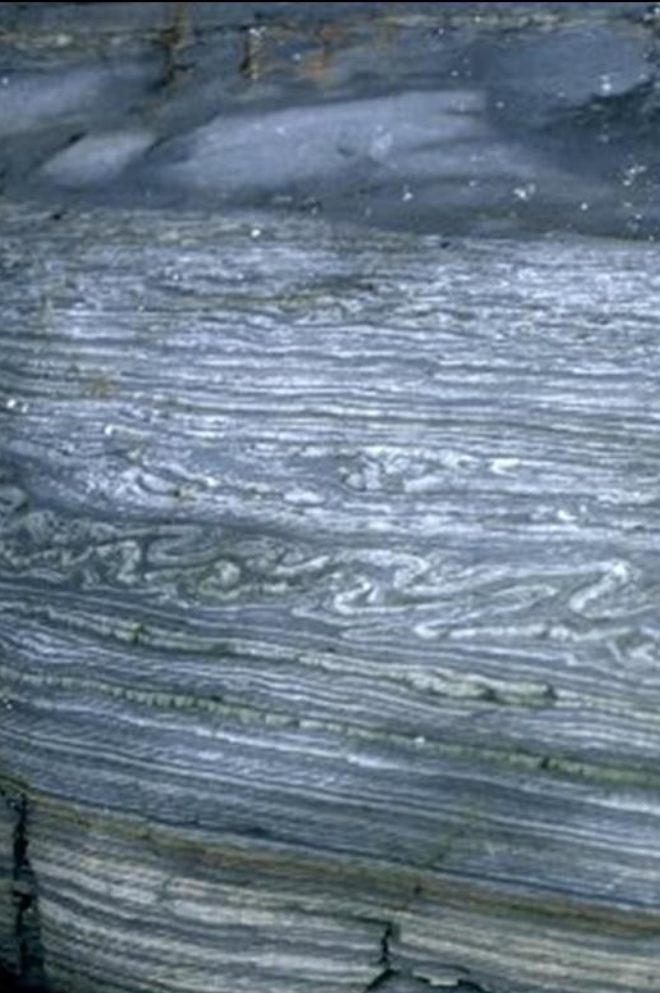
Zvrstvení (sekundární)

- Konvolutní



Zvrstvení (sekundární)

- Konvolutní



Zvrstvení (sekundární)

- Konvolutní



Fig. 2.38 Convoluted and deformed lamination in a thin, siliclastic turbidite. Ordovician. Ayrshire, Scotland.



	GRAIN SIZE	BOUMA (1962) DIVISIONS	INTERPRETATION
	Mud	E Laminated to homogeneous mud	Deposition from low-density tail of turbidity current ± settling of pelagic or hemipelagic particles
	Silt	D Upper mud/silt laminae	Shear sorting of grains & flocs
Sand	C	Ripples, climbing ripples, wavy or convolute laminae	Lower part of lower flow regime of Simons <i>et al.</i> (1965)
	B	Plane laminae	Upper flow regime plane bed
Coarse Sand	A	Structureless or graded sand to granule	Rapid deposition with no traction transport, possible quick (liquefied) bed

Zvrstvení (sekundární)

- **Miskovitě zvrstvení / textura** – deformace zvodnělého sedimentu při zatížení a kolapsu



Textury vrstevních ploch

Primární, depoziční

- Proudová lineace (Parting lineation)

Primární, erozní

- Proudové textury
- Rýhování (vlečné rýhy)

Primární biogenní (ichnofosilie, bioturbace)

Sekundární mechanické

- Vtisky
- Pseudonodule (ball and pillow)
- Bahenní praskliny
- Otisky dešťových kapek

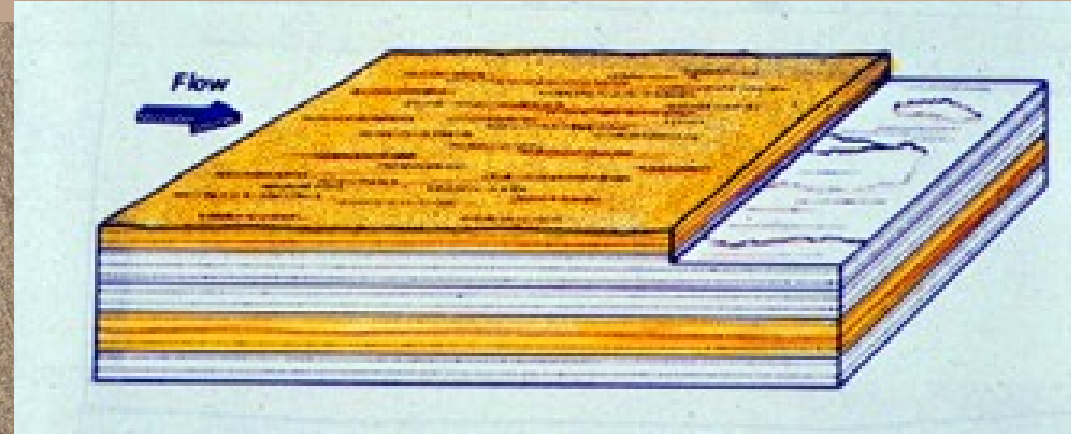
Sekundární chemické

- otisky krystalů

Textury vrstevných ploch

Proudová lineace (parting lineation)

- Usměrnění proudem, v hraniční vrstvě
- Spodní část svrchního proudového režimu



Textury vrstevných ploch

Proudová lineace (parting lineation)

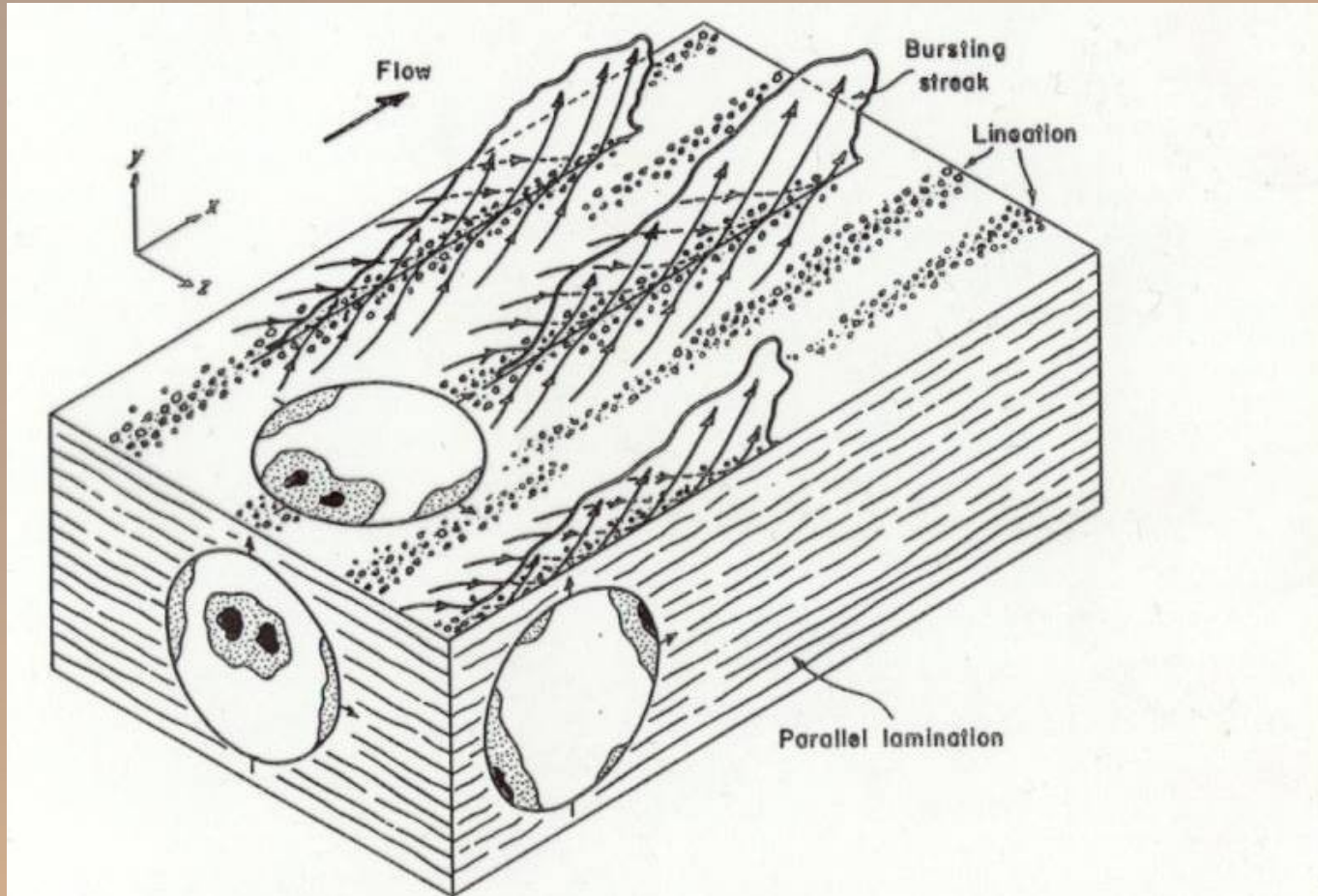


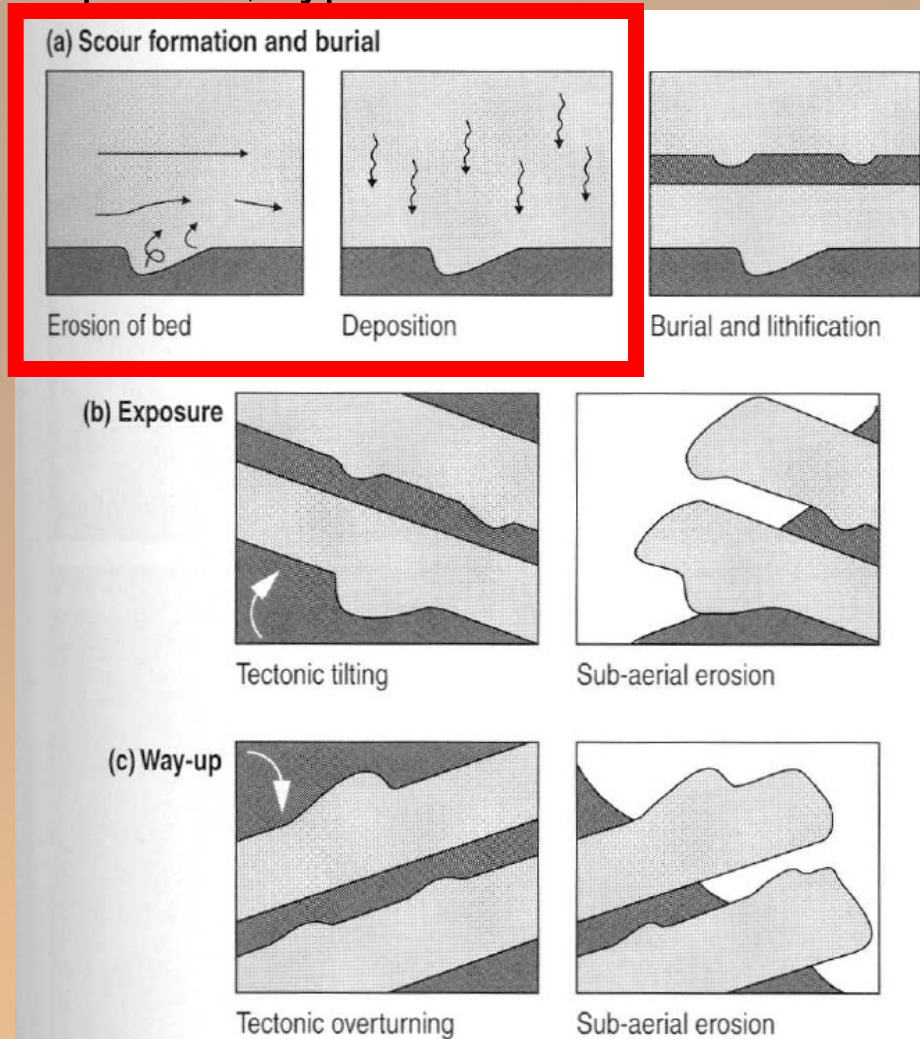
Fig. 6-14. A model for the origin of parting lineations by the action of boundary-layer streaks, in which the macroscopic structure and grain fabric (particle long-axis intersections with lower hemisphere in each plane as viewed) are integrated with the flow configuration (transient zones of flow separation and attachment associated with lifting and bursting streaks and associated inrushes).

Textury vrstevných ploch

Proudové textury

- Jazykovitý tvar, spodní plochy vrstev, výlitky, smysl proudění
- Turbulentní proudění, eroze nezpevněného podloží, vyplnění nadložním sedimentem

Směr proudění



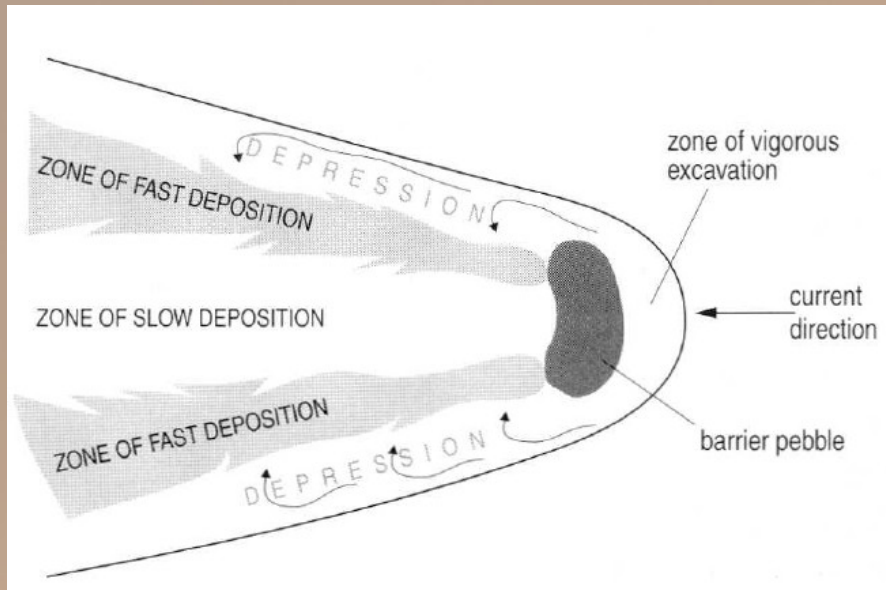
Textury vrstevných ploch



Textury vrstevných ploch



Textury vrstevných ploch



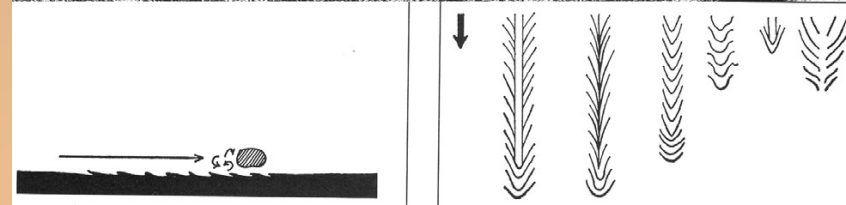
Textury vrstevních ploch

Rýhování (vlečné rýhy)

Stopy po vlečení či saltaci objektů

Spodní plochy vrstev, výlitky

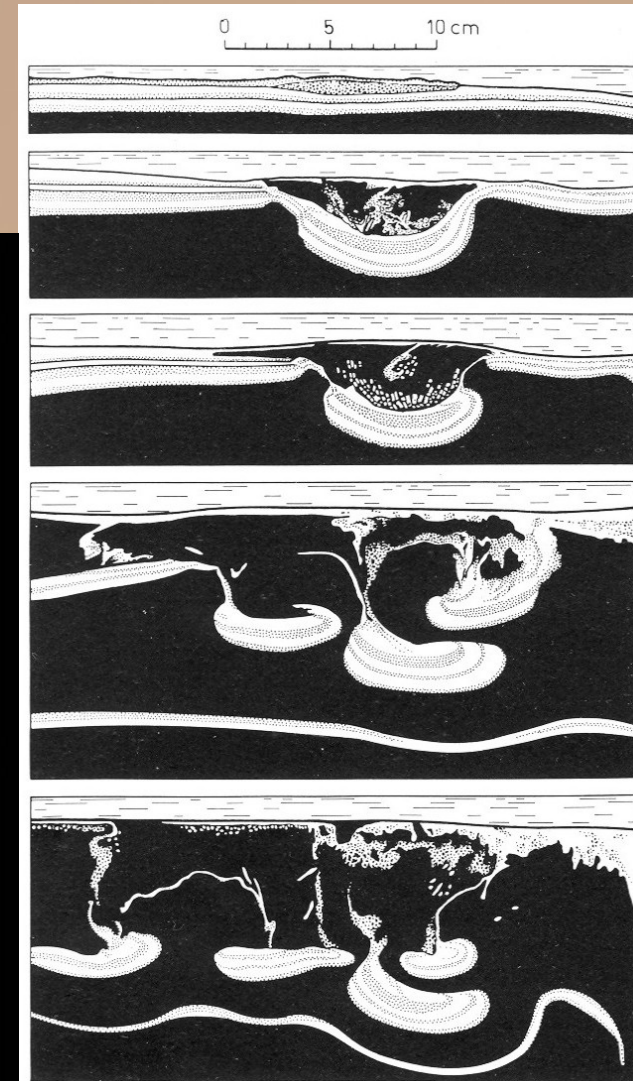
Indikace smyslu směru proudění



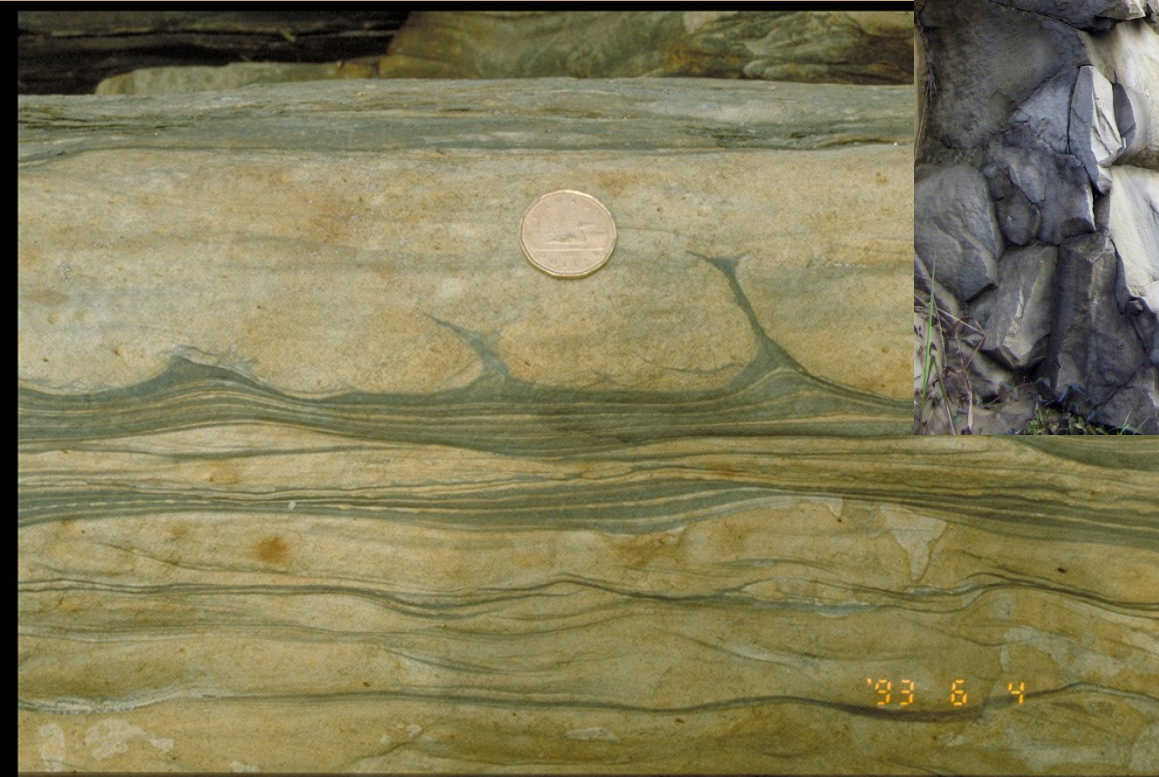
Textury vrstevných ploch

Vtisky, textury naložení

- Vtisk hrubozrnnějšího materiálu do podložního zvodnělého jemnozrnnějšího sedimentu při událostní depozici
- Boulovitý tvar
- Pseudonodule (ball and pillow)



Textury vrstevných ploch



Textury vrstevních ploch

Plaménková textura

– injektáže podložního zvodnělého sedimentu do nadložního sedimentu, který podloží zatížil a klesá do něj



Textury vrstevních ploch

Únikové textury (textury odvodnění)

- Vznik zatížením zvodnělé vrstvy nadložní vrstvou – vytlačení vody



Textury vrstevních ploch

Únikové textury (textury odvodnění)

- Vznik zatížením zvodnělé vrstvy nadložní vrstvou – vytlačení vody



Textury vrstevních ploch

- Písečné vulkány



Textury vrstevných ploch

Struktury vysychání a „nabobtnání“ - tee-pee texture



Textury vrstevních ploch



Textury vrstevních ploch

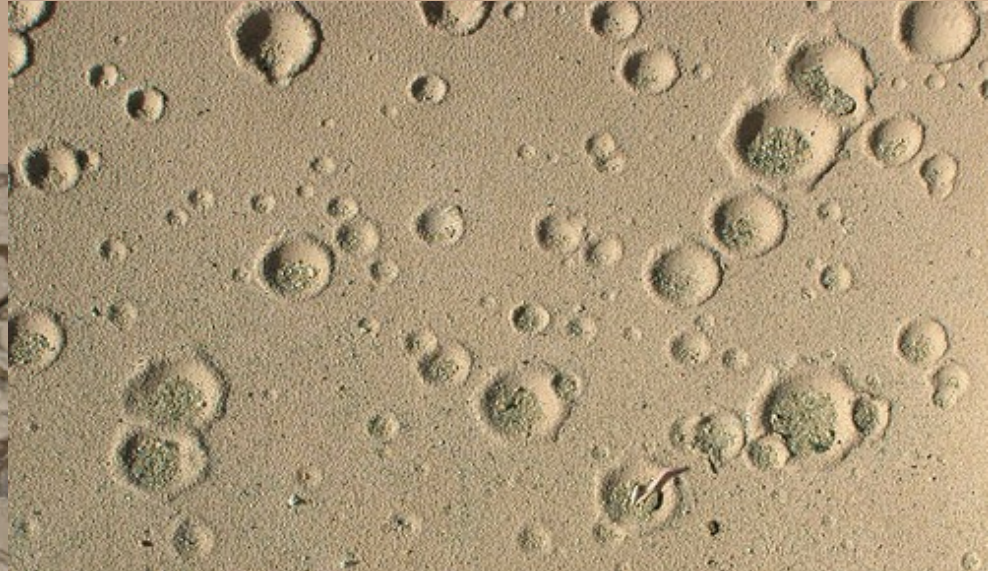
Bahenní praskliny

- Vysoušení jemnozrnného sedimentu



Textury vrstevných ploch

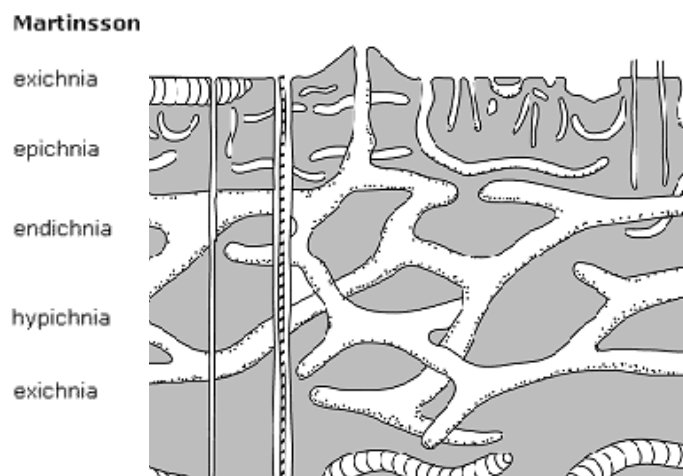
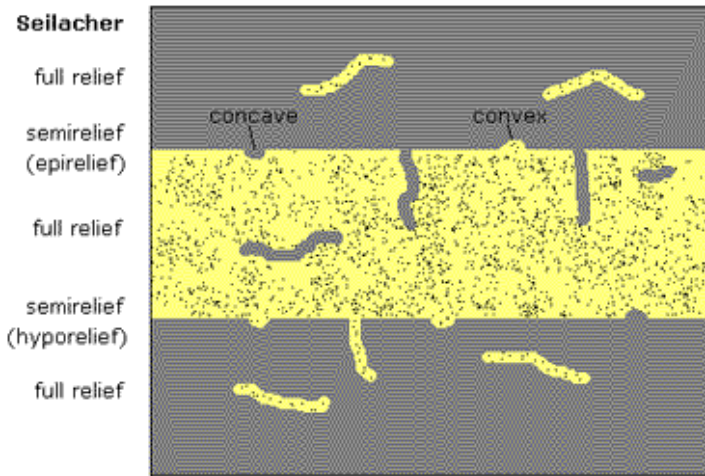
Otisky dešťových kapek



Textury vrstevních ploch

Biogenní textury

- Ichnofosilie
- 13.11. přednáška o ichnofosiliích s J. Šamánkem



Lage	Stückwerk	überwiegendes Erzeuger-Verhalten	charakteristische Spurenfossilien
Misch-Lage	1	völlige Durchmischung	keine
	2		
	3	Förder-Aktivitäten	Manolites
Übergangs-Lage	4	offene Wohnbaue	Thalassinoides
	5	zugestopfte Freibau	Taenidium
	6	Freibau und	Zoophycos
	7	Kultivierungsspuren	Chondrites (groß)
	8		Chondrites (klein)