

TAFONOMIE

CO JE TAFONOMIE?

Fosilní záznam = paleobiologické a paleoekologické informace různé kvality a úplnosti (změny ovlivněny přírozenými procesy ještě před započítáním výzkumu)

Tafonomie – snaha o pochopení těchto procesů a využití fosilního záznamu pro paleobiologické a paleoekologické interpretace

první definice tafonomie (Jefremov 1940, p. 85)

„detailní studium přechodu organických zbytků z biosféry do litosféry“

obecnější definice (Behrensmeyer, Kidwell 1985):

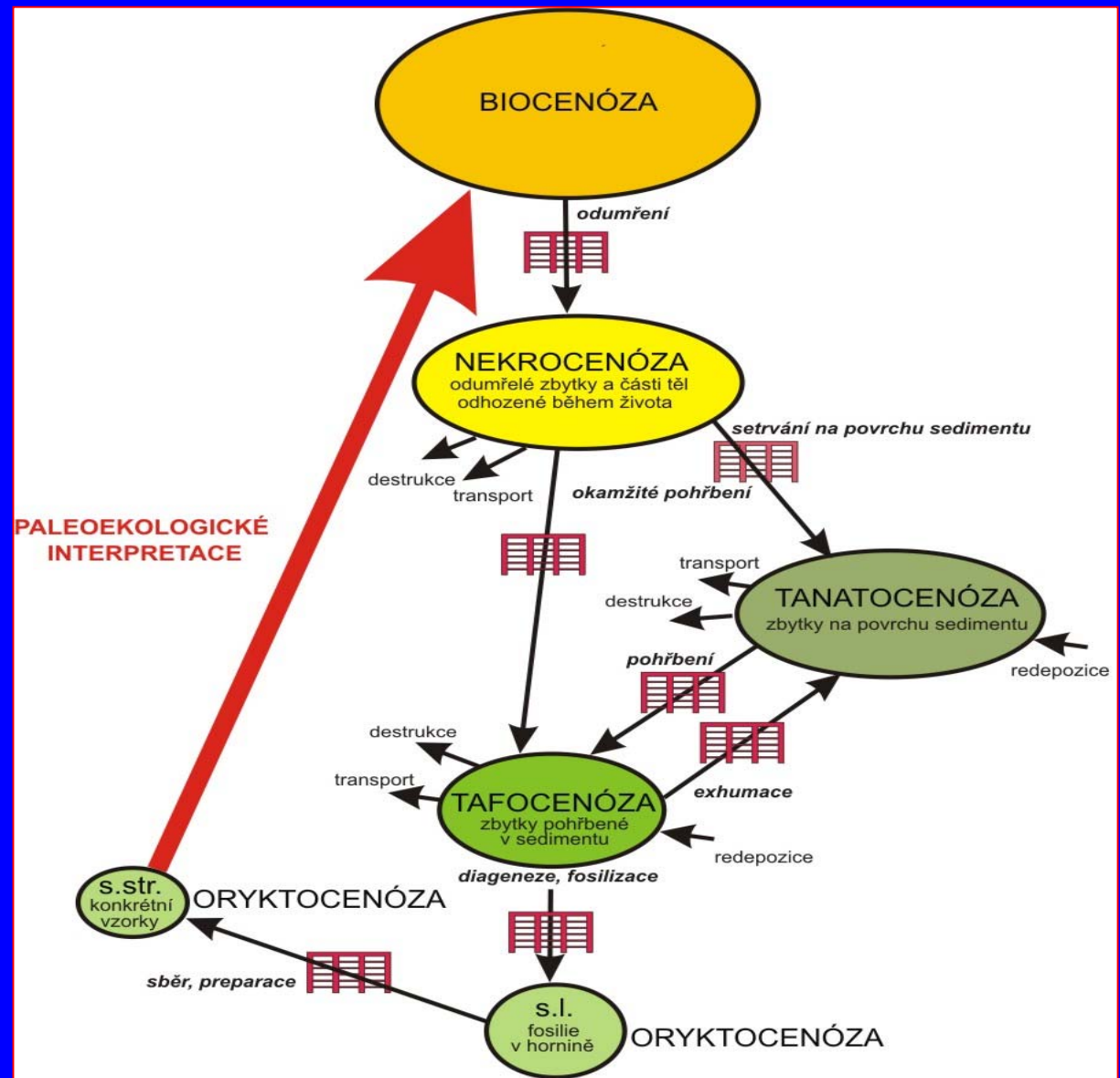
„studium procesů zachování a toho, jak ovlivňují informaci ve fosilním záznamu“

Významné součásti tafonomie:

biostratinomie (věda o uspořádání a rozmístění fosilií v hornině)

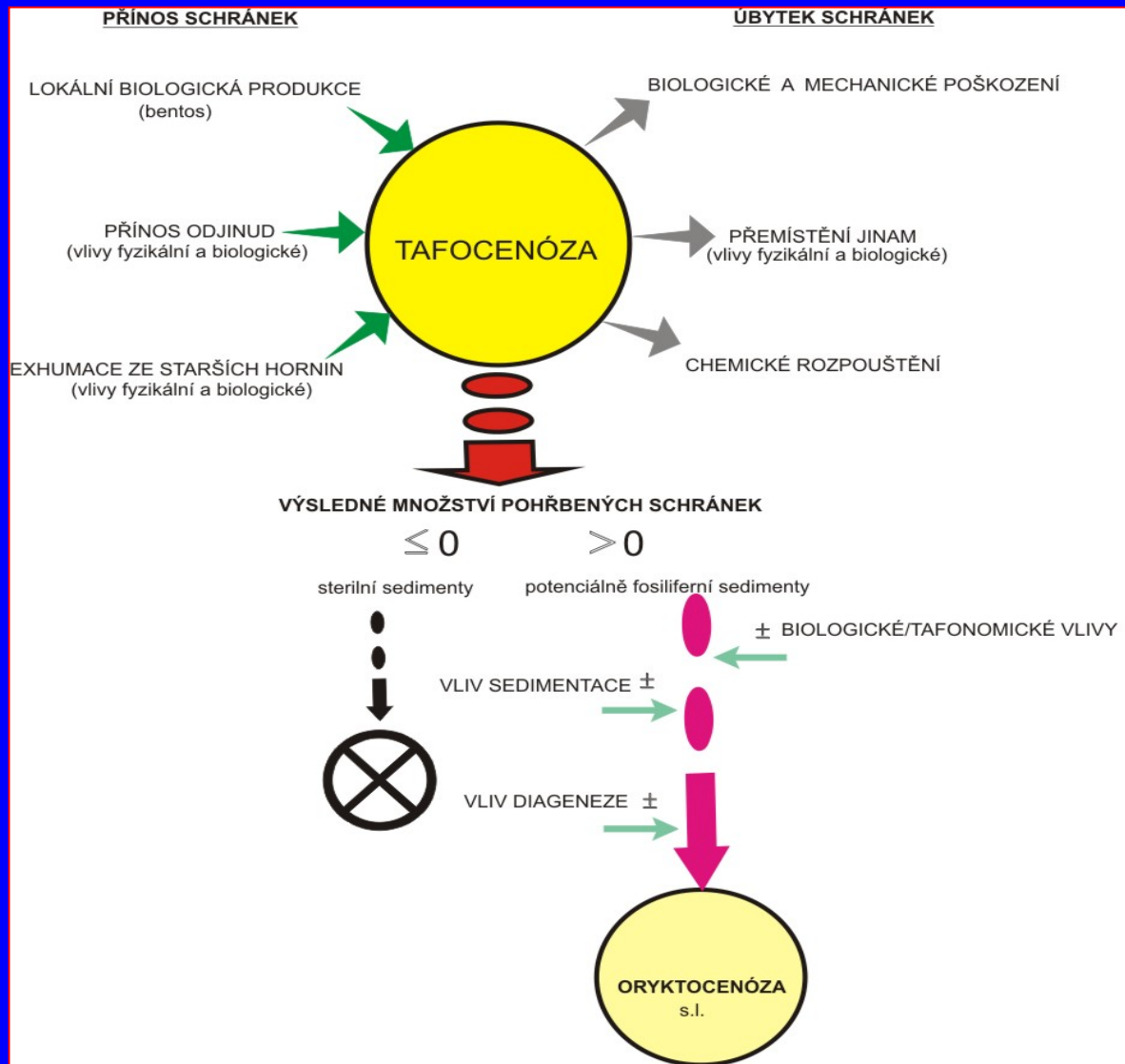
diageneze fosilií (specifické změny fosilií během diageneze sedimentů)

Tafonomický cyklus



Obr. 1:
Schematické znázornění jednotlivých etap tafonomického cyklu s uvedením základní terminologie (sensu Janin 1989, Marek, Krhovský in Pokorný 1992). Rozdělení na oryktocenózu s. l. a s. str. - viz text.
Částečně podle Behrensmeier, Kidwell (1985).

Faktory ovlivňující podobu oryktocenózy



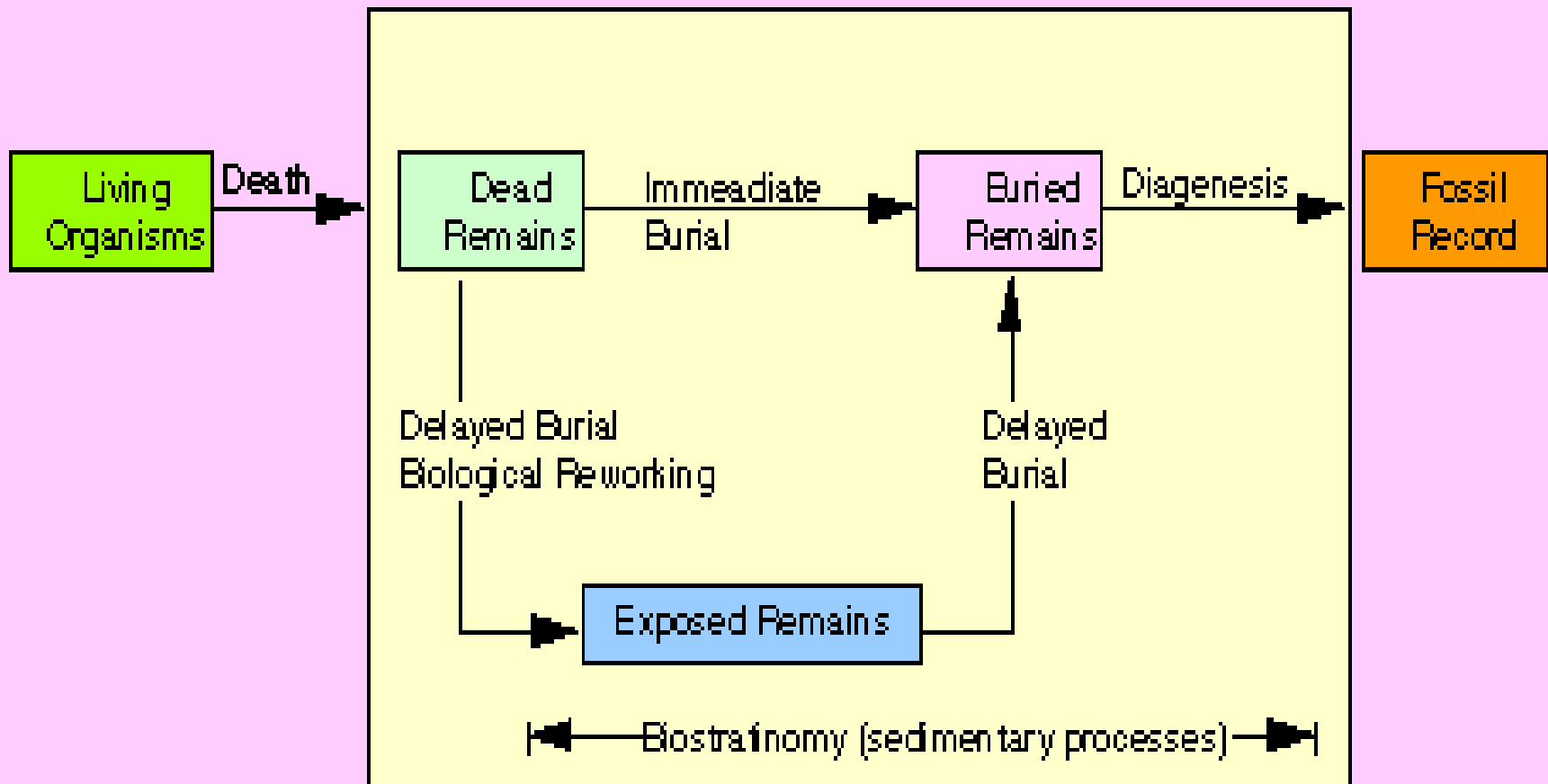
Obr. 2:

Schematické znázornění faktorů, které ovlivňují vznik a výslednou podobu oryktocenózy s. l. Základním předpokladem pro vznik jakékoliv oryktocenózy je kladná hodnota přínosu schránek do tafocenózy, k čemuž dochází různými možnými výhodnými kombinacemi přínosů a úbytků. Podle Kidwell (1991), upraveno.

Rozkladné procesy

= **podstatná příčina nepříznivého zachování** a jedna ze základních příčin **ztráty informace** ve fosilním záznamu. Jediným způsobem, jak zabránit této informační ztrátě, je **mineralizace**.

TAPHONOMY



Normální podmínky:

Rozkladné procesy **začínají smrtí** a **pokračují až do úplného zničení nebo mineralizace** daného odumřelého organismu.

Obecně:

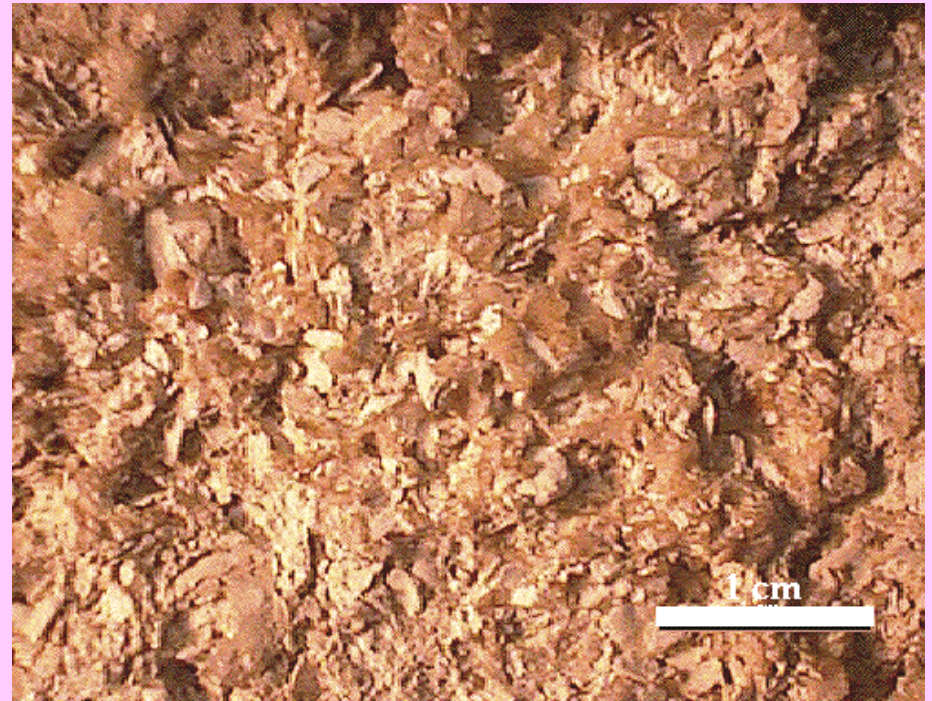
Mineralizace **následuje po delším období rozkladu** - celkový stav zachování **špatný**

Mineralizace **předchází výraznému rozkladu** - stav zachování **dobrý**.



Mene rhombea, Monte Bolca

krátké období rozkladu

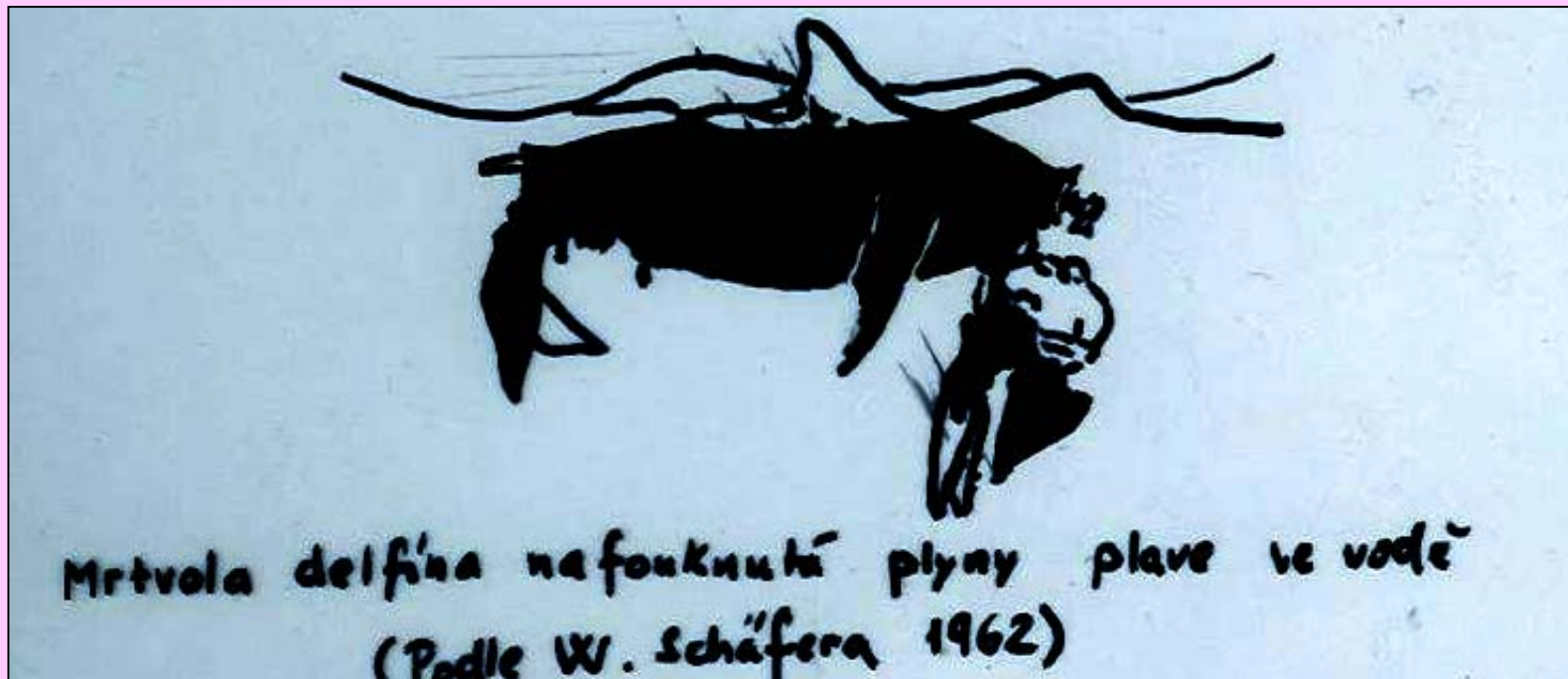


delší období rozkladu

Tlení – rozklad v aerobních podmínkách – pomalé, ale úplné spalování, vznik nejjednodušších sloučenin prvků, zejména H, C, N, P, S, organické látky zcela rozloženy

Hnití – rozklad v anaerobních podmínkách – neúplná redukce, obohacování uhlíkatými a dusíkatými látkami, rozklad končí vznikem těles schopných se zachovat ve fosilním záznamu

Přirozené podmínky – přechody (i na jednom objektu)



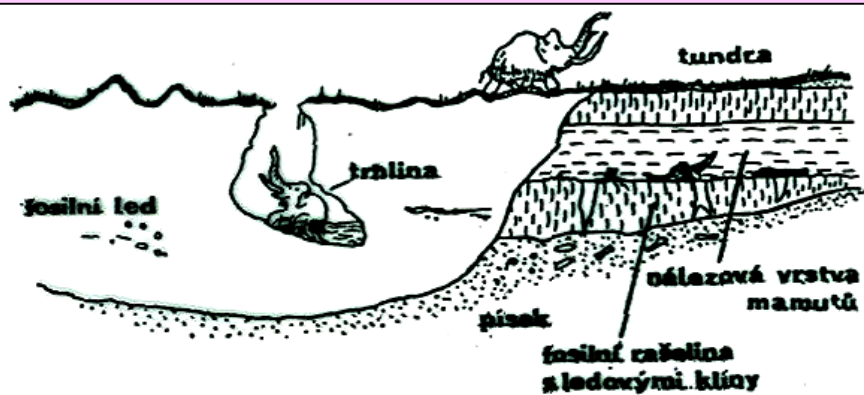
Činnost živočichů, kteří se živí odumřelou organickou substancí

Bakteriální rozklad, požírači mršin (supi, lišky, vlci, hyeny, raci, ryby, hmyz a jeho larvy,....)

Přímý vliv na fosilní materiál – výjimečně (mumie, inkluze v jantaru)

Nepřímý vliv – koprolity (míra činnosti požíračů mršin...)

Mumie (pseudomumie) vzniklé zamrznutím v ledu

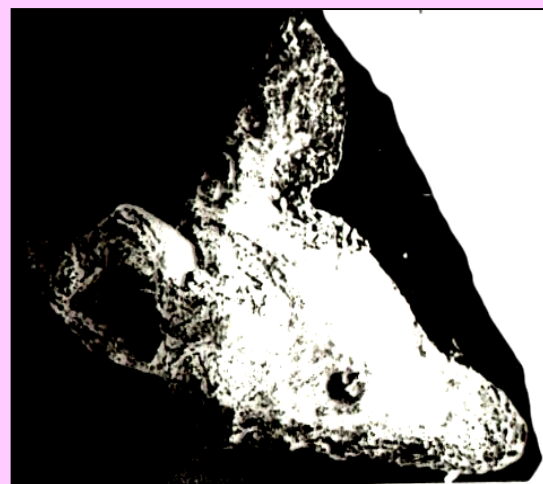


Způsob zahynutí a uchování celých těl mamutů v druhotně vytvořených dutinách ve fosilním ledu. (Podle N. K. Vereščagina, 1967.)

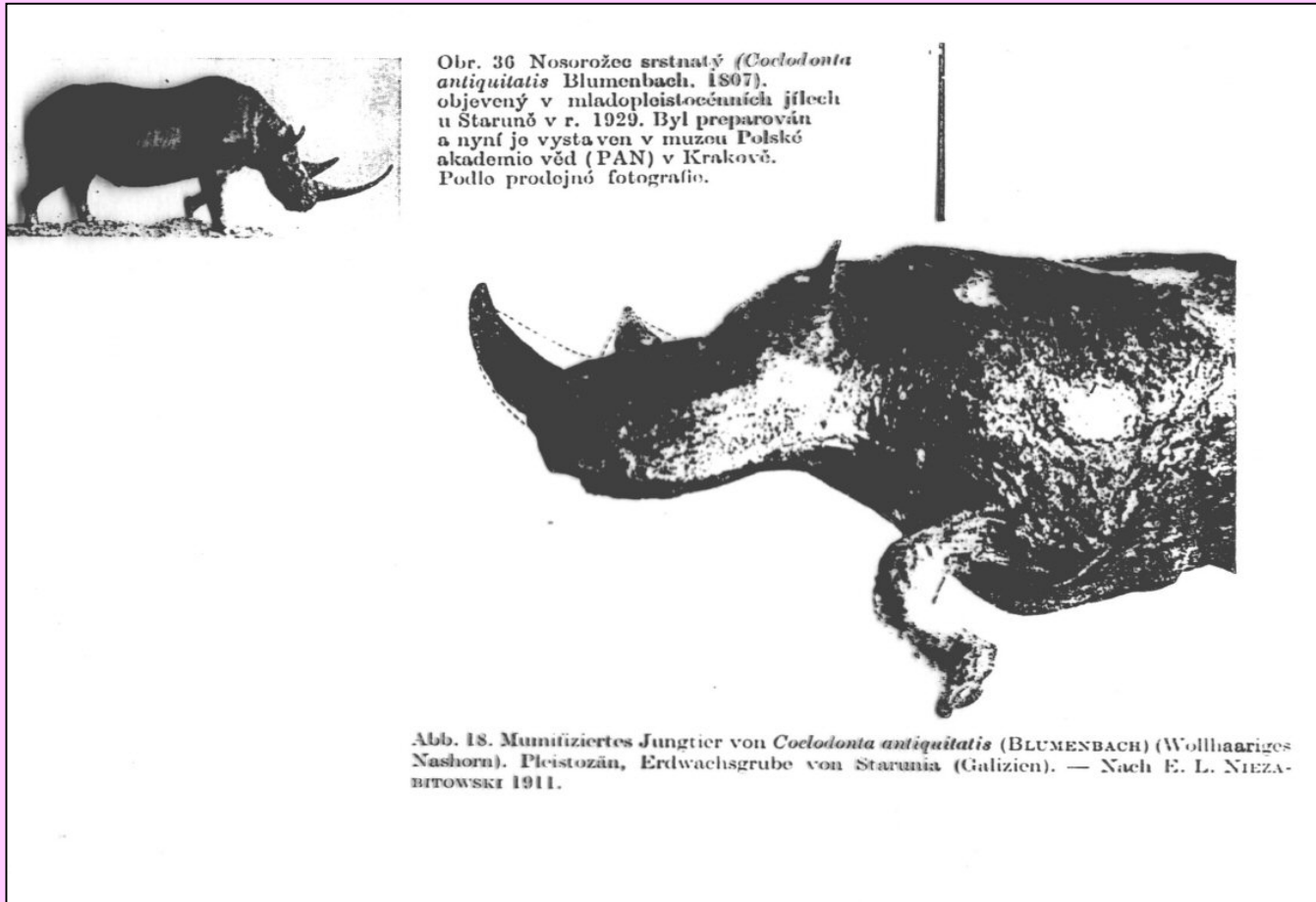


mamuti -Sibiř

Mumifikace rychlým vysušením

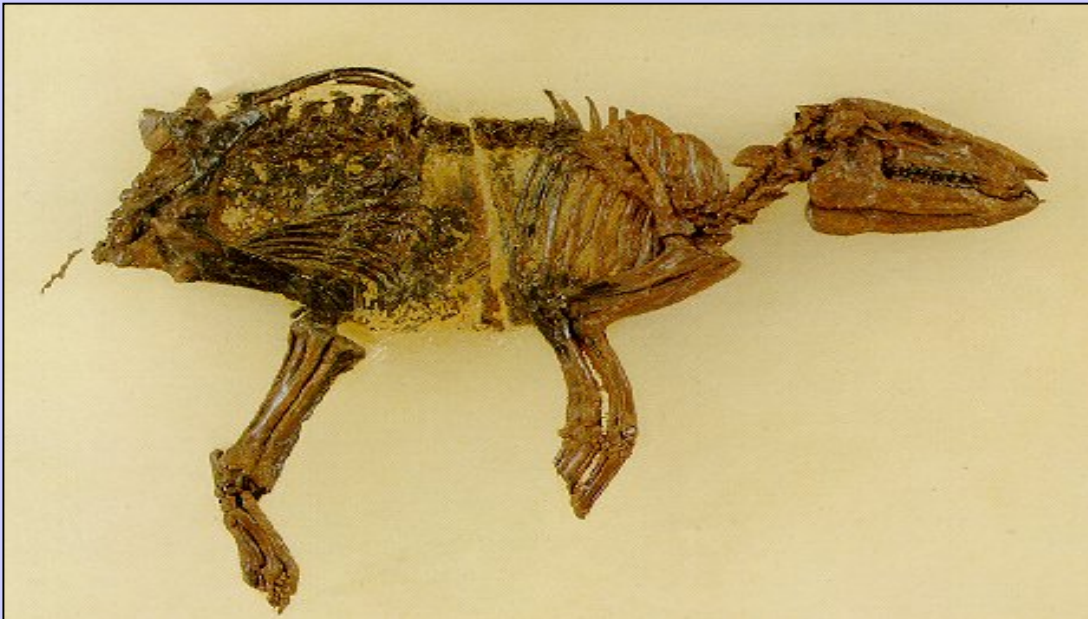


Mumie vzniklé konzervací (soli, asfalty, zemní vosky, huminové kyseliny)



Nosorožec srstnatý z lokality Starunia
– mumifikace v jílech s obsahem solí

„lidé z bažin“ – severní Evropa



Propalaeotherium parvulum,
Messel u Darmstadtu

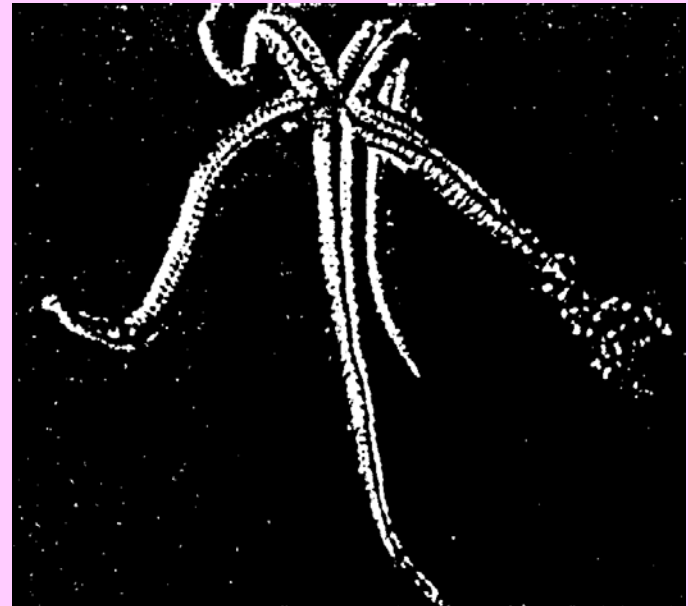
Selektivní rozpad - příčina některých **taxonomických problémů**

(fosilní rostliny - vzácně jako celí jedinci, zbytky většiny proto formální jména, živočišné zbytky - např. velký střednokambrický predátor *Anomalocaris* z burgesských břidlic (Britská Kolumbie) – dlouho znám pouze z **disartikulovaných elementů** považovaných za samostatné organismy (končetiny - těla členovců, ústní části - medúzovci, neúplné tělo živočicha - sumýš). Až při objevu řady vzácně kompletních jedinců - vše ve skutečnosti **části téhož organismu** (rozklad a ukládání jednotlivých částí podle hydrodynamických vlastností každého elementu).



Anomalocaris – predátor
z burgesských břidlic

Příklady selektivního rozpadu



Destruktivní tafonomické procesy

5 kategorií

(1) disartikulace

(2) fragmentace

(3) abraze

(4) bioeroze

(5) koroze a rozpouštění

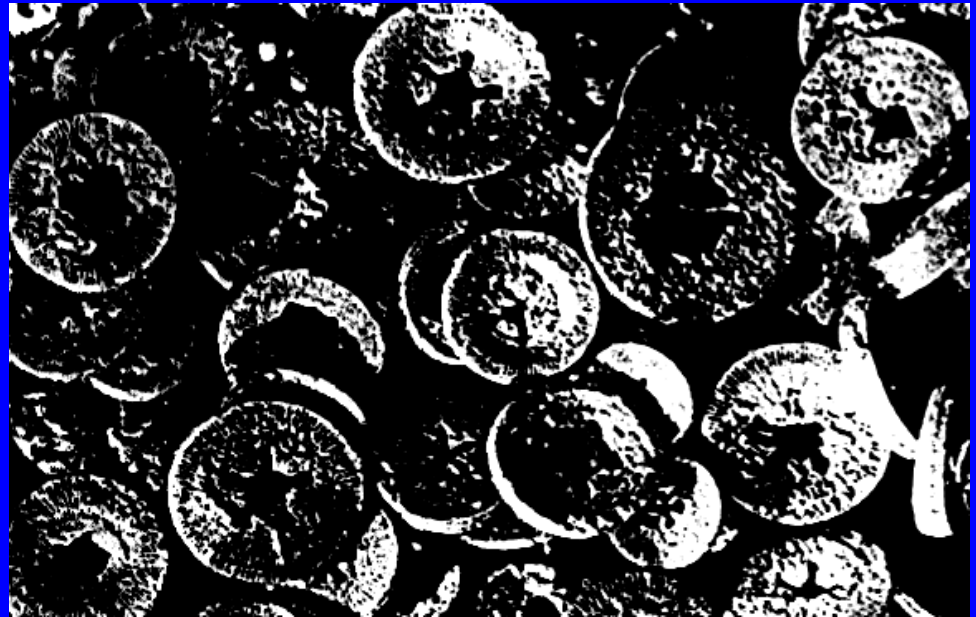
Mohou následovat víceméně postupně po sobě, podle podmínek sedimentačního prostředí může jeden nebo některé z nich převažovat.

Ad 1) Disartikulace

= dezintegrace (rozpad) koster skládajících se z více prvků podél preexistujících spojů nebo artikulací.

za života (shazování peří nebo srsti, exuvie)

po smrti (biochemický rozklad tkání)



Hromadný nález medvědích koster v komínu v Kateřinské jeskyni. (Z archivu prof. Absolona.)

Urychlení disartikulace:

biotické vlivy (včetně požíračů mršin a vrtavé infauny)

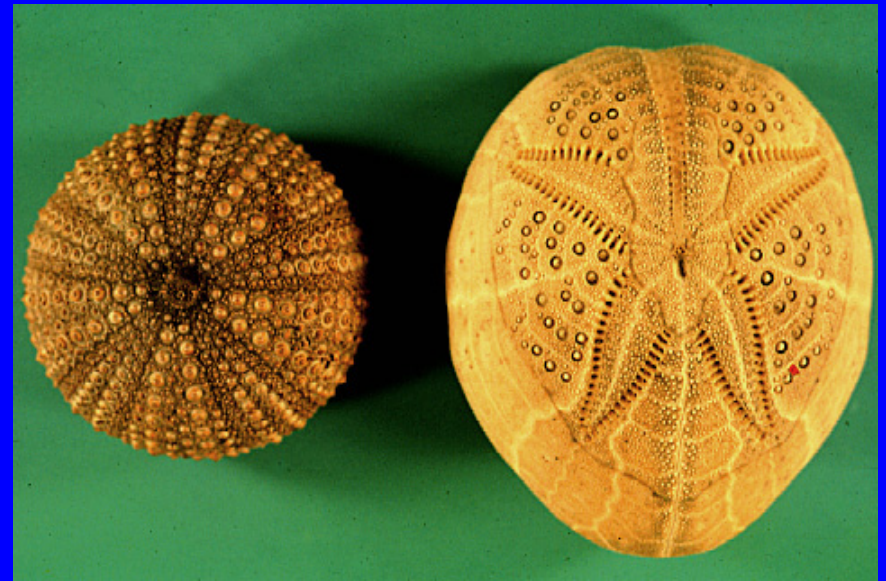
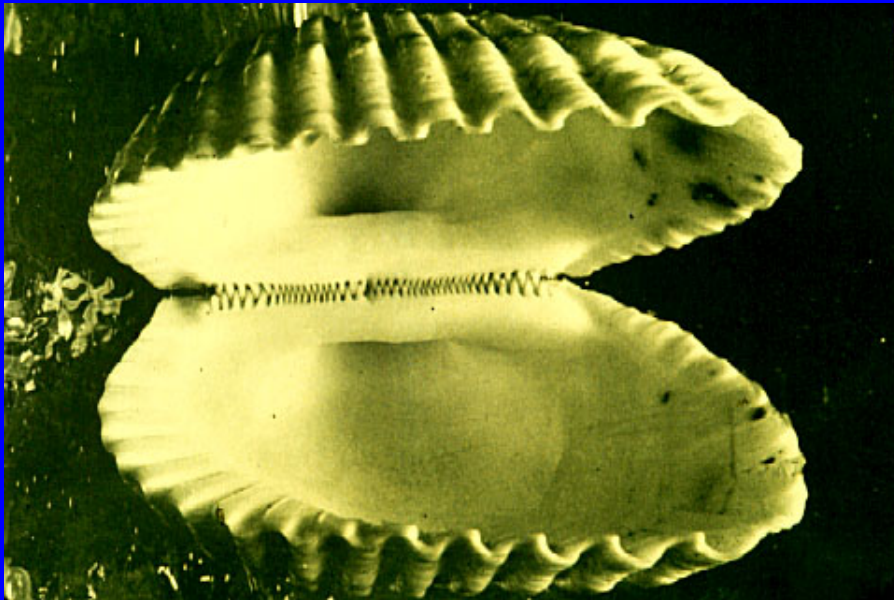
anaerobní prostředí - tyto procesy omezeny či zastaveny (= podporuje artikulované zachování)

fyzikální vlivy (např. proudění a turbulence vln) - disartikulace koster, které podlehly určitému rozkladu.

Zpomalení disartikulace

vzájemná spojení struktur koster

(např. zámkové zuby - ramenonožci, mlži, zoubkované sutury – např. Pelmatozoa, ježovky).



Ad 2) Fragmentace

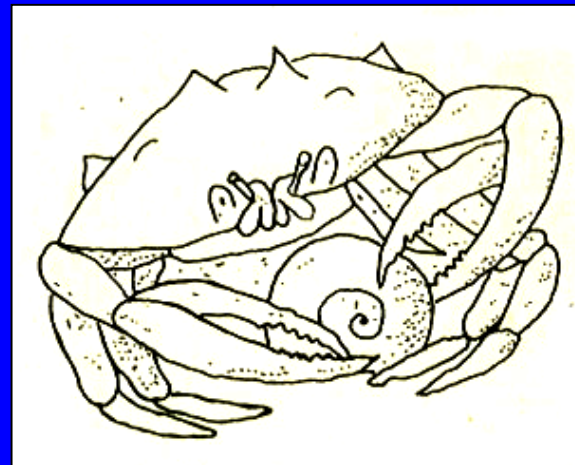
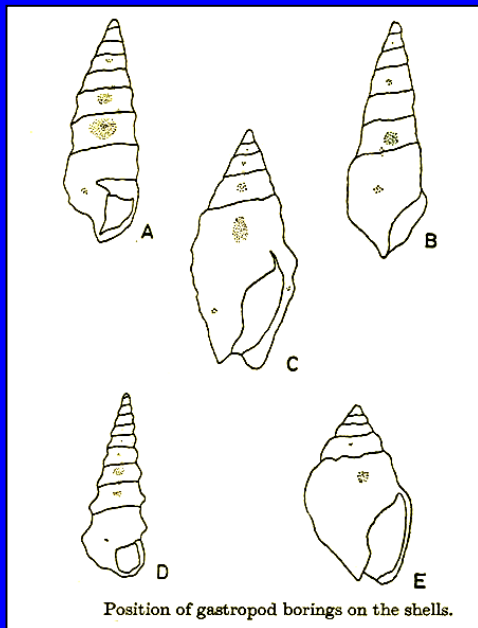
= rozlámání mimo preexistující spoje nebo artikulace

Příčiny:

a) fyzikální vlivy objektů (nárazy, vlny – např. příboj, hranice účinku - max. do 50-60 m)

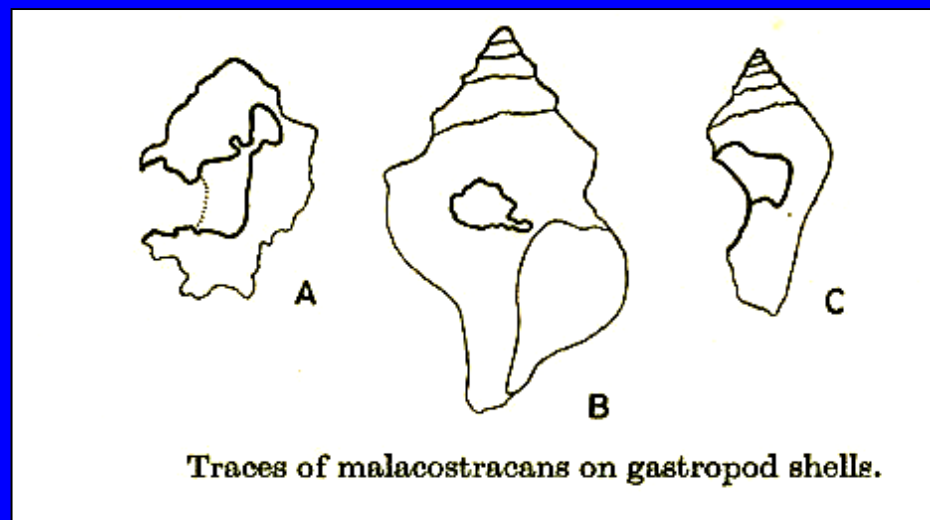
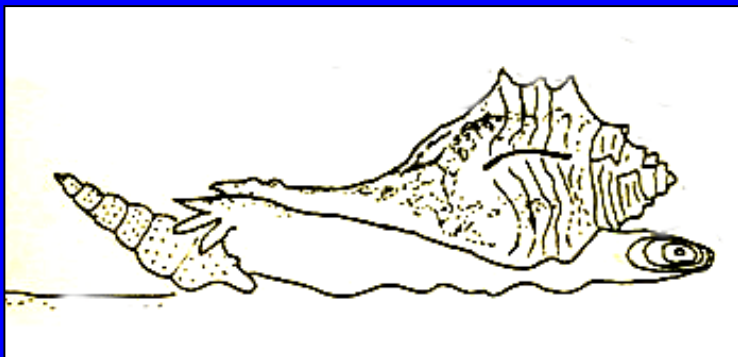
b) biotické vlivy (např. predátoři a zametači)

Pozice vrteb
gastropodů
na ulitách



Stopy rakovců
na schránkách
gastropodů

Muricidní gastropod
napadá gastropoda
Potamides



Klíčové tafonomické indikátory změn energie proudění = **jemné kostry s výrazným sklonem k fragmentaci i v mírně pohyblivé vodě**

Vysoký stupeň fragmentace = perzistentní lámání a přepracovávání na normální bázi vlnění (+ výjimečné události, např. bouře).



Ad 3) Abraze = obroušení a ohlazení (vyleštění) působením fyzikálních procesů

Rozsah a rychlost ovlivněny:

- **energií prostředí**
- **dobou expozice**
- **velikostí částic abrazivního média** (obecně vzrůstá s rostoucí velikostí zrna)

Relativní odolnost schránek vůči abrazi - silně závisí na jejich

- **velikosti vzhledem k velikosti zrna sedimentu**
- **mikrostruktuře** (zejména **tvrdost**)

kompaktní x mírně porézní, resp. bohatá na organické látky x velmi porézní
(= rychlá abraze a selektivní odstranění z fosilního záznamu vysoce energetických prostředí)



sumýši

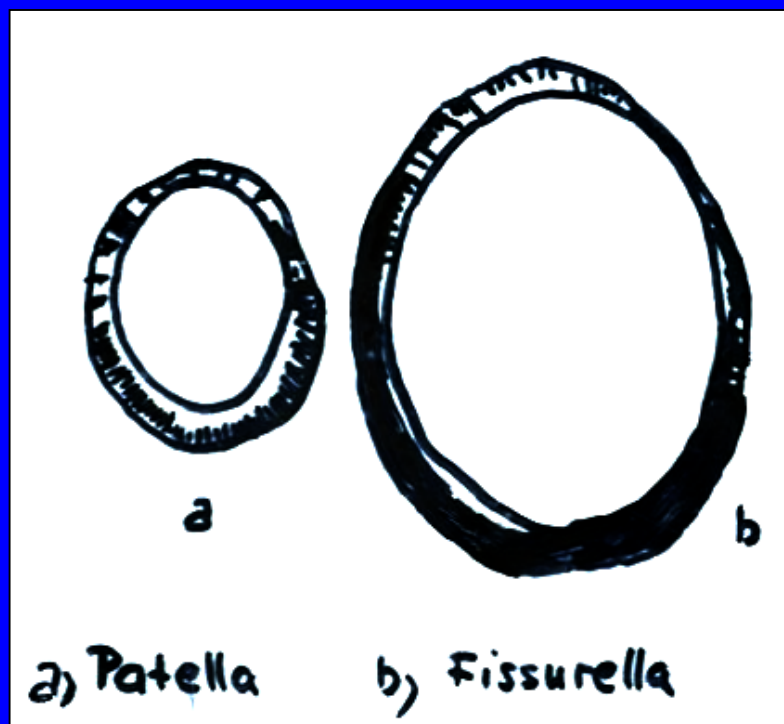


živočišné houby

Elementy s různou odolností vůči abrazi



Všestranný a jednostranný obrus,
facety



Ad 4) Bioeroze, obvykle spojená s rozeznatelnými stopami po životní činnosti organismů

velmi rychlý proces

Relativní odolnost vůči bioerozi ovlivněna

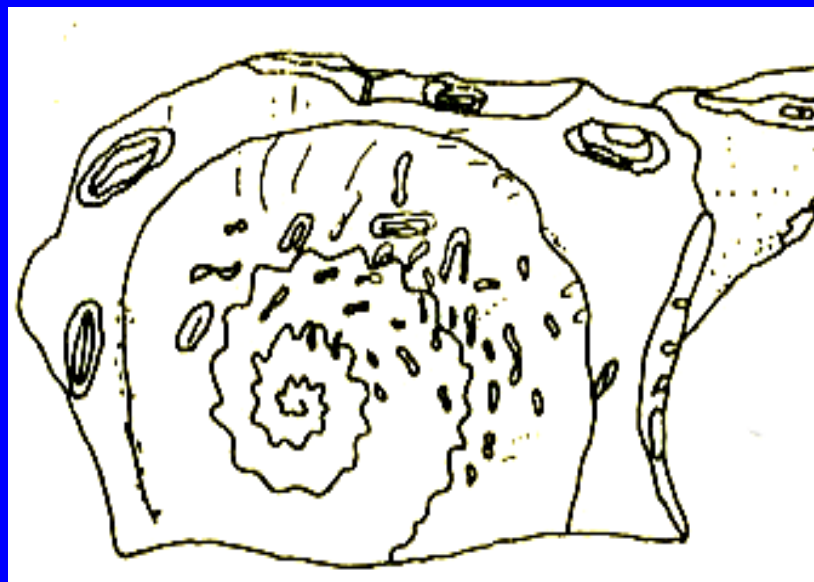
tloušťkou schránek,

obsahem organických látek,

hustotou.



Žraločí zub se stopami bioeroze
(kořeny rostlin) a činnosti člověka



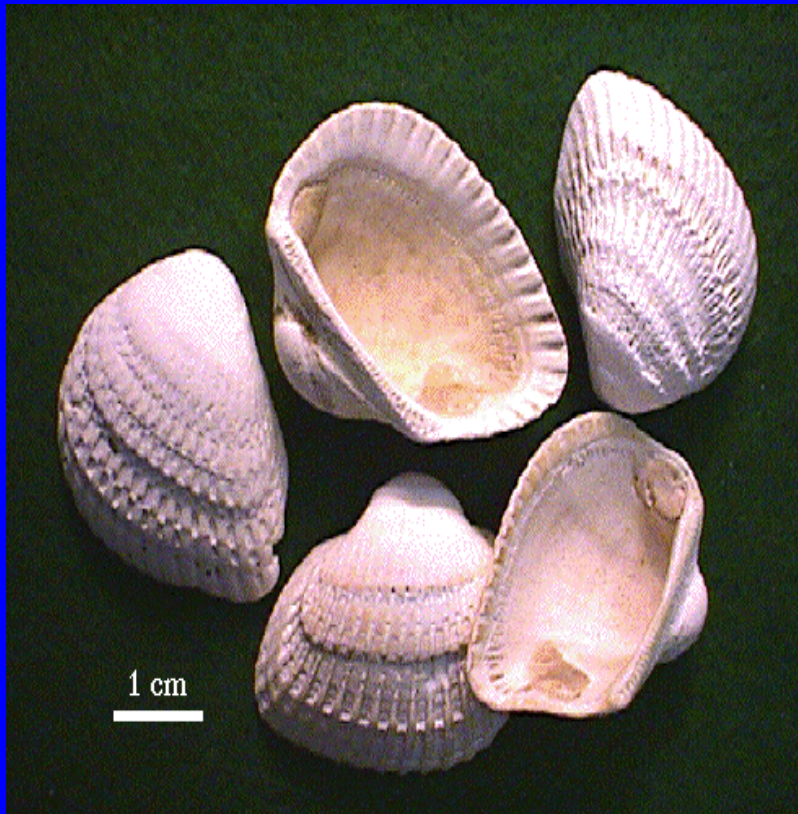
Melongena – vrtaví mlži, červi

Ad 5) Koroze a rozpouštění

v důsledku **chemické nestability minerálů koster** v mořské vodě nebo v pórové vodě sedimentů (*tedy teoreticky bez účasti organismů!*).

Obecný sled stability minerálů:

fosfát > křemen > kalcit ostnokožců > jiný kosterní kalcit > aragonit



Relativně vyšší odolnost vůči rozpouštění

- materiály s vysokým podílem organické hmoty
- malou plochou (p. rozpouštění)
- důležitá i tloušťka a porozita (zkřídovatění).

Důsledek – různé posuny ve fosilním záznamu různých skupin nebo různých částí koster..

(např. kalcitové schránky brachiopodů extrémně dobře zachovány, zatímco aragonitové schránky měkkýšů pouze jako vysoce kompaktní vnější či vnitřní jádra).



Amoniti
schránka – aragonit
aptychy – kalcit



Hydrodynamika transportu

Pevné části schránek lze považovat za sedimentární částice, jejich hydrodynamické chování je komplexní a nepředpověditelné (mají velmi rozmanité tvary...)

Vlastnosti schránek ovlivňující hydrodynamické chování:

- (1) *druh a stupeň symetrie*
- (2) *stupeň elongace*
- (3) *stupeň zakřivení* (brachiopodi, mlži, ostrakodi) nebo *apikální úhel* (gastropodi)
- (4) *charakter a distribuce skulptury a přítomnost zubů nebo výběžků podél zámků* (brachiopodi, mlži)
- (5) *hmotnost na jednotku plochy schránky*
- (6) *rozdělení hmoty.*

Další faktory:

- (7) *prostředí transportující schránku* (řeka, proudy přílivu a odlivu, vlnění, turbiditní proudy)
- (8) *síla vyvolaná médiem*
- (9) *povaha substrátu*
- (10) *charakter a distribuce všech dalších částic* (už uložených nebo pohybujících se se schránkou).

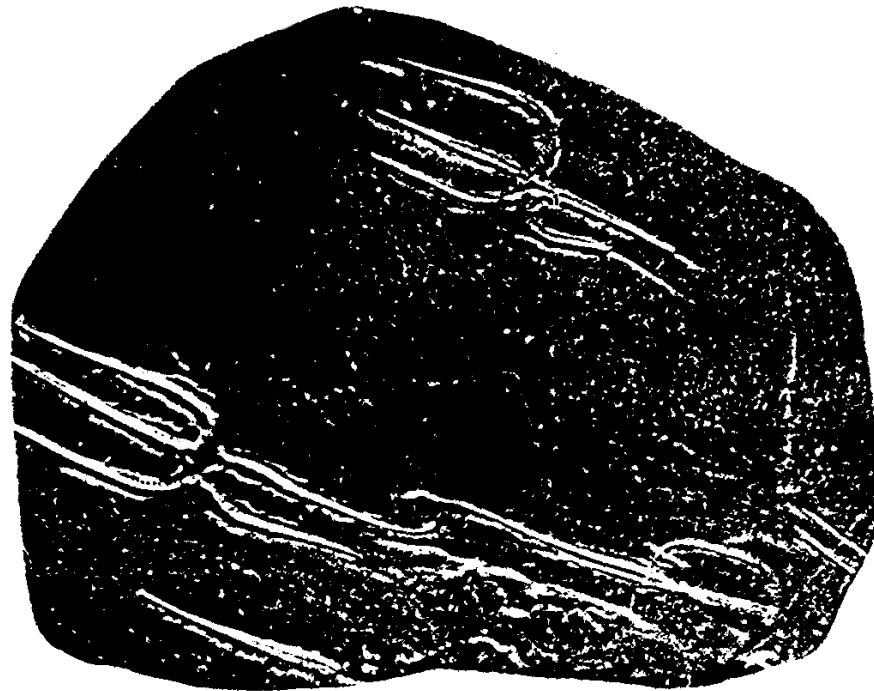
Výsledek účinku = souhrn charakteristické **polohy a orientace schránky** na povrchu sedimentu; souhrnně pro celý soubor schránek = **struktura (biofabric)** - indikuje směr či sílu proudu.

Poloha:

Zvláště důležitá je poloha *konkávní stranou nahoru nebo dolů*.

Orientace:

měříme vzhledem k **ose symetrie schránky** (gastropodi, ortokonní hlavonožci, rostra belemnitů, kolumnálie krinoidů) nebo **některému vhodnému znaku** (např. linii protažení, zámku nebo přímému okraji – brachiopodi, mlži, ostrakodi).



Mehrere *Furcaster palaeozoicus* STÜRZ. in die „dreizinkige Gabellage“ gesteuert. Unteres Devon (Bundenbacher Schiefer). - Nach R. v. KOENIGSWALD 19

Různé způsoby klesání misek

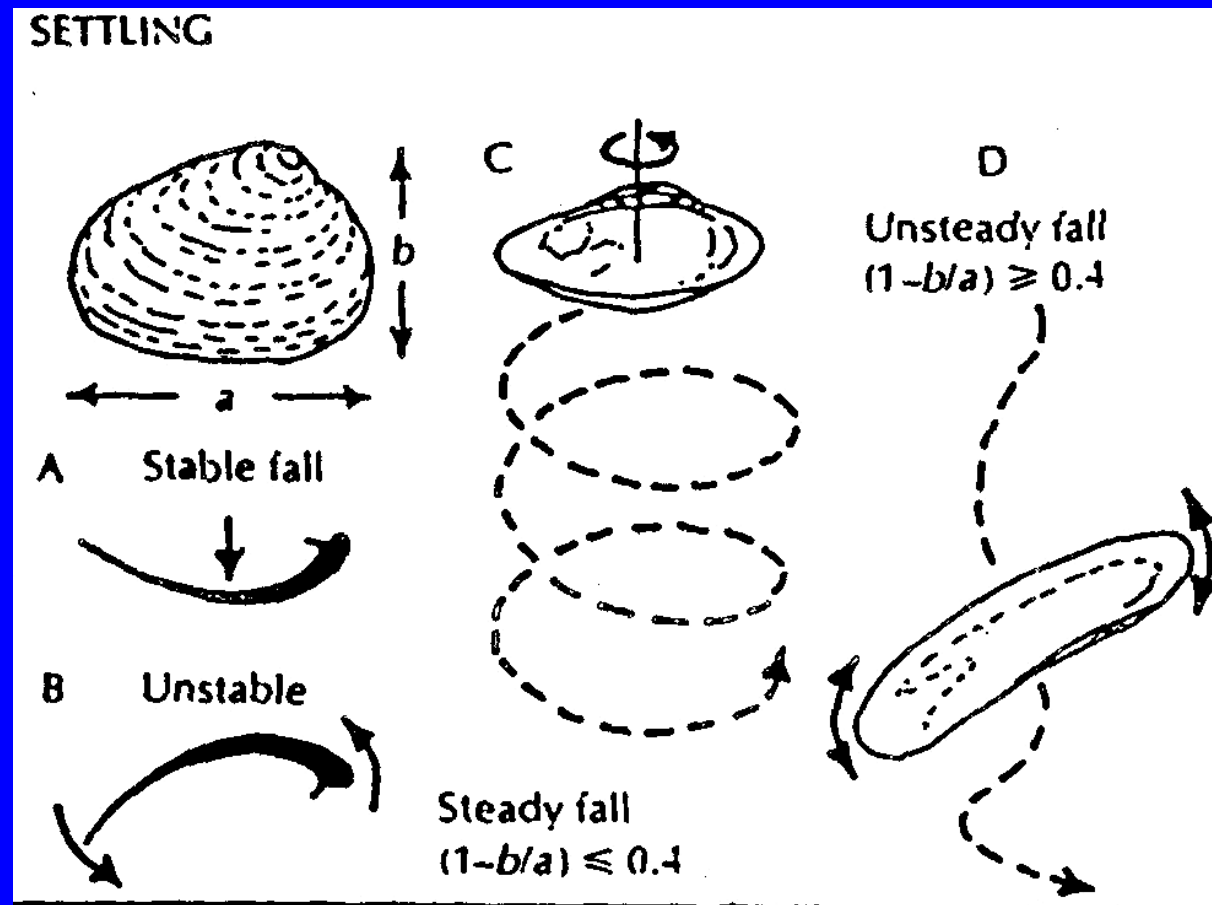


Fig. 1A – konkávní stranou nahoru, těžiště schránky pod středem síly fluida, **ustálené klesání bez rotace**

Fig. 1B - konvexní stranou nahoru – okamžitá **rotace**, neboť centrum působení převažujících sil fluida je pod těžištěm částice

Fig. 1C - misky s podobnými hodnotami délky a výšky – **ustálené klesání ve spirále**, při každém obratu se miska jedenkrát **otočí kolem vertikální osy**. Smysl pohybu (ve směru nebo proti směru hodinových ručiček) závisí na druhu a na tom, zda jde o misku levou nebo pravou.

Fig. 1D - misky s délkou asi 1,6x větší než výška – **neustálené klesání**, kromě jiných pohybů pravidelné houpání, pohyb buď po spirále nebo nepravidelný

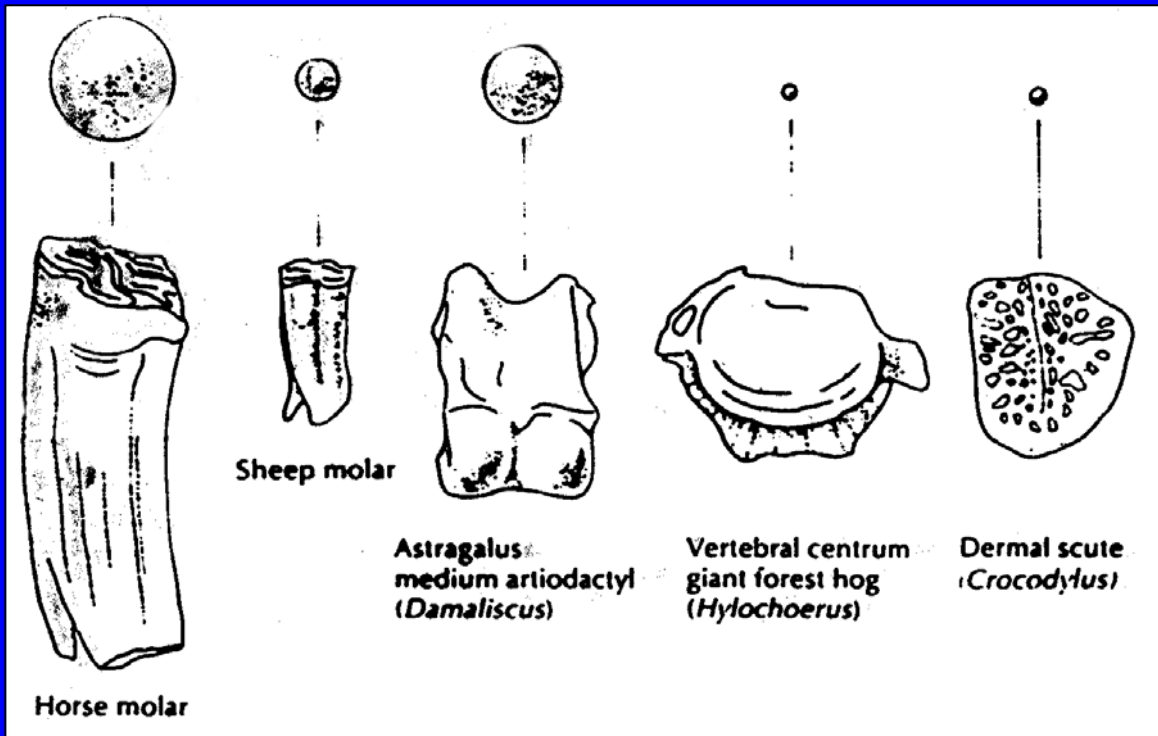
Ukládání

Laboratorní experimenty - ukládání misek mlžů

Konečná rychlost - vztlaková síla působící na klesající misku se rovná síle gravitace.

Ustáleně klesající misky měkkýšů - koeficient zpomalení podstatně větší než u dynamicky ekvivalentní hladké koule (tj. s rovnováhou sil setrvačnosti a viskozity).

Neustáleně klesající misky – velmi se liší od sférických částic a koeficienty zpomalení mají až 3x vyšší.

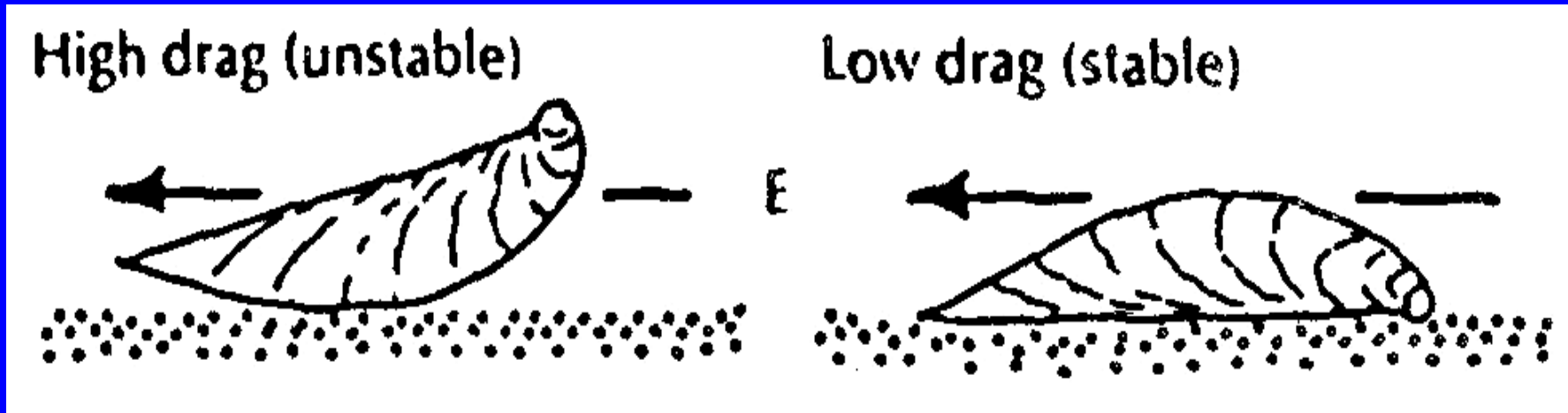


„Hydraulické křemenné ekvivalenty“ (tj. zrna nebo valouny křemene se stejnou výslednou rychlostí ukládání) jsou mnohem menší než samotné objekty

The hydraulic equivalents of examples of Recent bones, as determined by their settling velocities and calculations of the diameter of a quartz sphere that would settle at the same velocity. Bones and quartz grains are drawn to the correct relative sizes. (After Behrensmeier 1975; reproduced with permission from the Museum of Comparative Zoology, Harvard University.)

Transport v usměrněných proudech (řeky, tidální proudy)

Planární vrstvy částic mnohem menších než misky - pro transport v pozici konvexní stranou nahoru je zapotřebí mnohonásobně větší síly fluida než pro transport v pozici konkávní stranou nahoru (tato síla závisí na tvaru schránky a hmotnosti na jednotku plochy.)



Obr. 1E -
misky s konkávní stranou nahoru –
kladou prostředí větší odpor než při
pozici konvexní stranou nahoru
(nestabilní pozice – překlopení).

Obr.1F,G –
transport konvexní stranou nahoru –
aerodynamický tvar, kladou prostředí
menší odpor, výsledná orientace
podle tvaru schránky a rozmístění
zubů a jiných výčnělků (kotva)

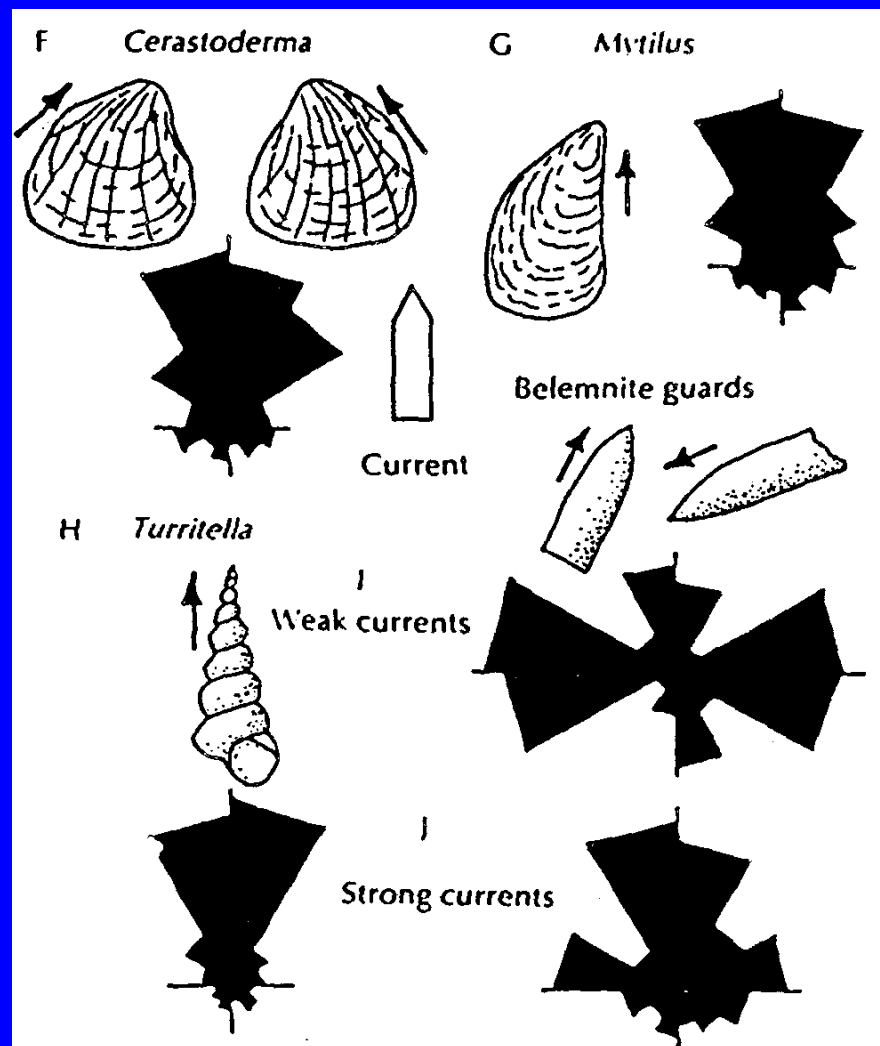
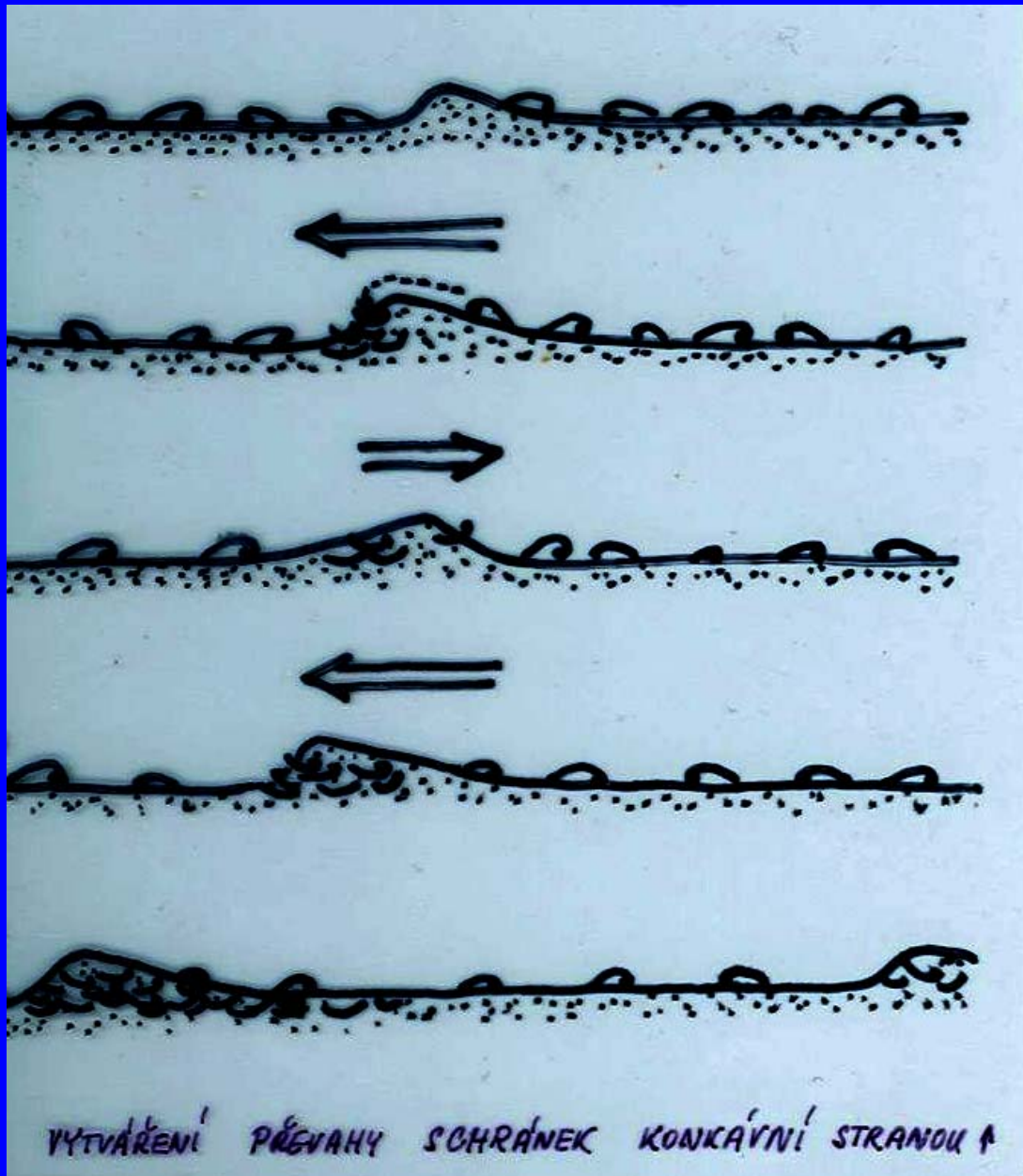


Fig. 1 I, J - cylindrické schránky – orientace závisí na podmínkách proudění a ukládání (tendence kutálet se po vrstvě a vytvářet biostruktury napříč proudem, pokud náraz na překážku, rotace do směru proudu a orientace se mění na paralelní s prouděním).

Fig. 1H - gastropodi s vysokou spirou – orientace apexem po proudu. Nízká spira a hrubá ornamentace - mnohem méně pravidelná orientace.

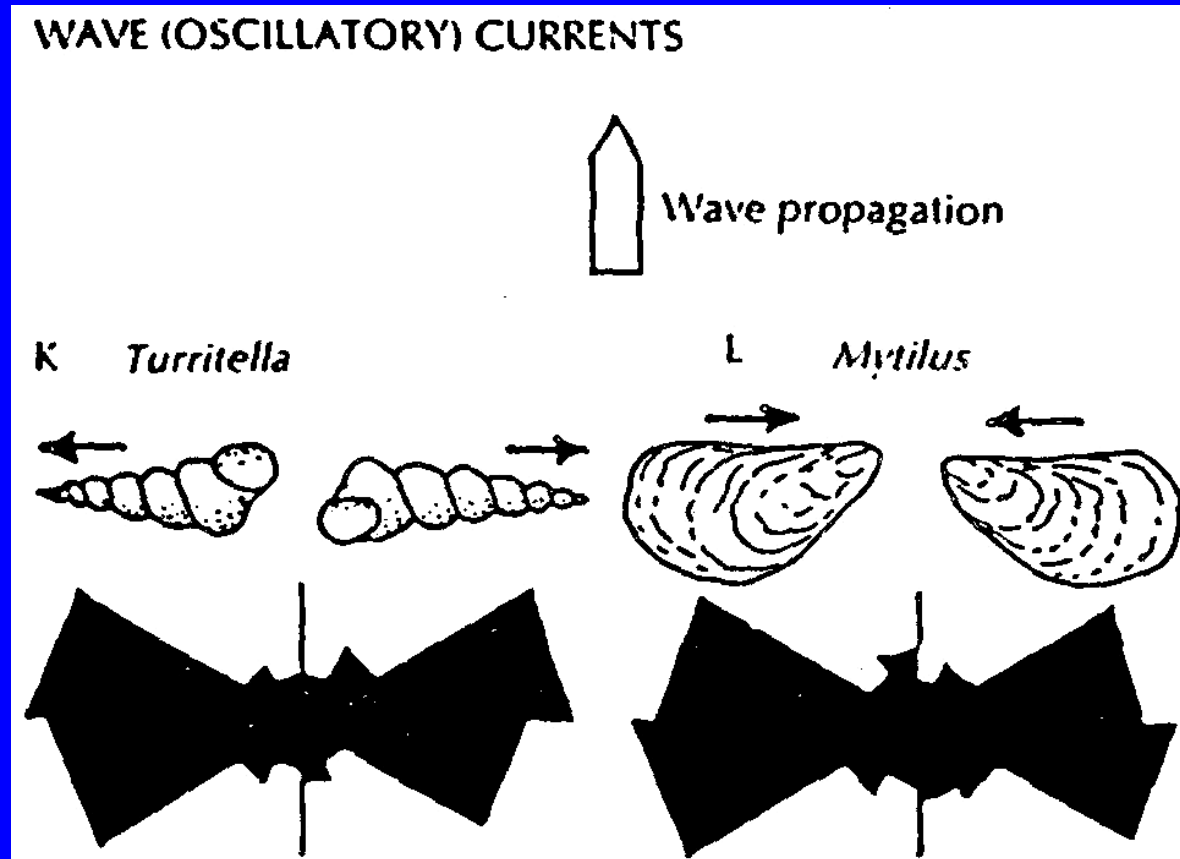


Pohyb přes **čeřiny a duny** (útvary mnohem větší než samotné schránky) - miska pohybující se konvexní stranou nahoru přes přední nárazovou stranu vrstevního tvaru – překlopení, zpomalení a pohřbení v prohlubni konkávní stranou nahoru

Transport v oscilačních proudech (vlny)

hladké vrstvy ovlivněné vlnami (vyšpláchnutí a zpětný návrat) – schránky se chovají většinou jako v jednosměrných proudech

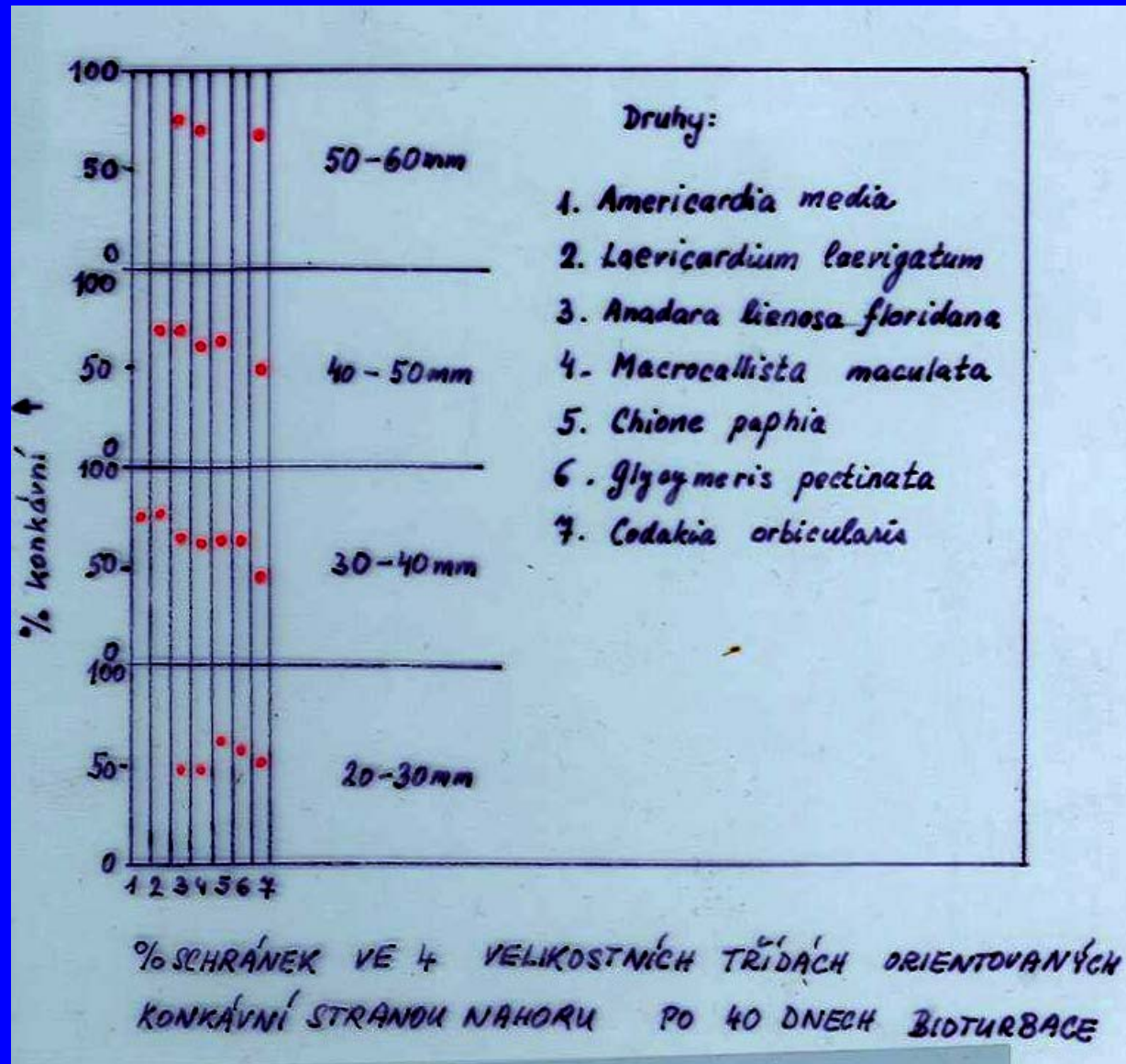
Akumulace schránek – nahloučení zejména vertikálně v hnízdech a růžicích



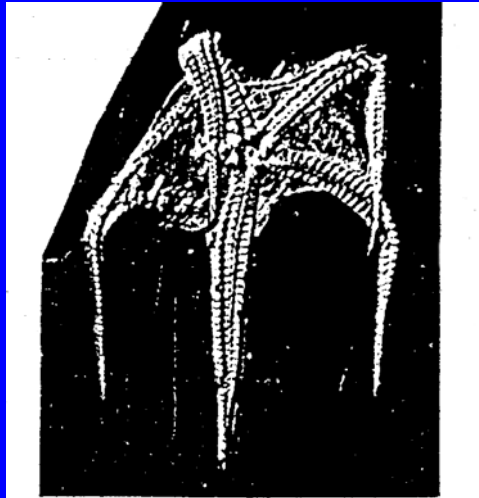
Obr. 1K,L - brachiopodi, mlži – klouzání konvexní stranou nahoru nebo převalování po vrstvě a orientace délkou paralelně s hřebeny vln.

Biostruktury vzniklé činností organismů

Činnost organismů (mrchožrouti, bioturbace...) - druhotná náhodná orientace schránek (např. konkávní stranou nahoru)



Proudění v paleontologickém záznamu

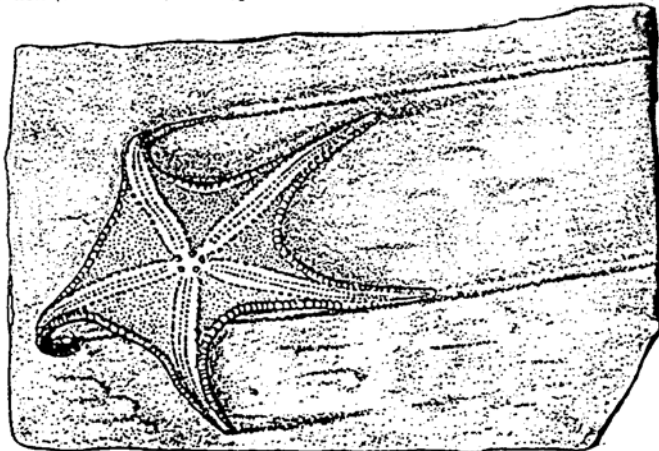


Euzonosoma tischbeiniana ROEMER, ein Seestein mit großer Körperscheibe und kurzen Armen in „beginnender Kippstellung“. Unteres Devon (Bundenbacher Schiefer). — Nach R. v. KOENIGSWALD 1930.



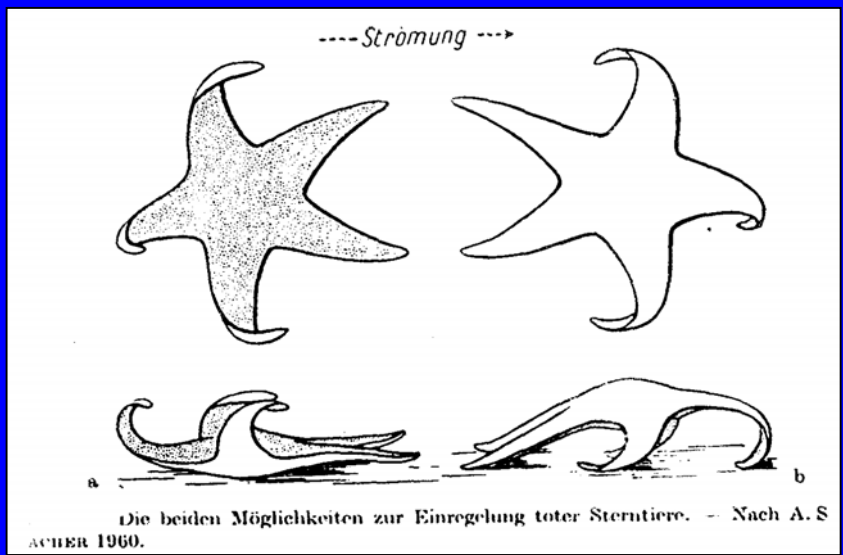
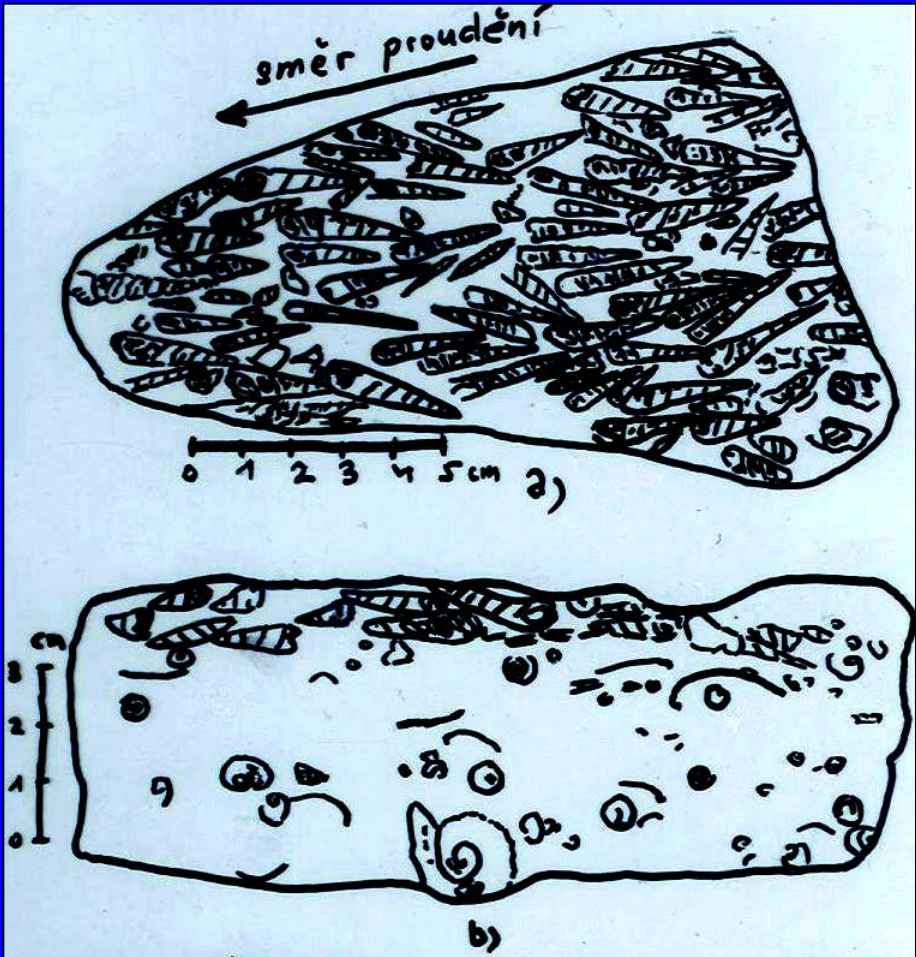
Změna směru, vířivý pohyb

Euzonosoma tischbeiniana in Seitenlage. Die geradlinigen Furchen sind Seismarken der herabhängenden Armspitzen. Unteres Devon (Bundenbacher Schiefer von Bundenbach (Rheinland). Ca. $\frac{1}{2}$ nat. Gr. — Nach A. SEIFACHER 1960.

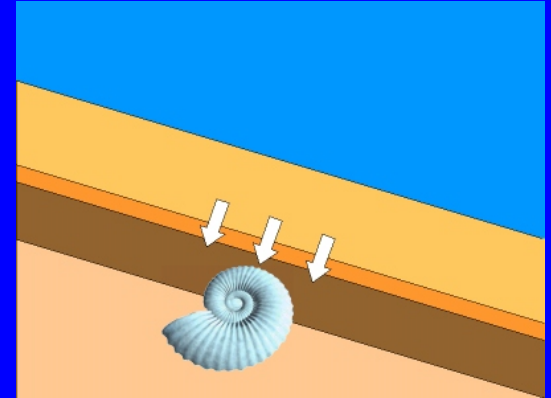
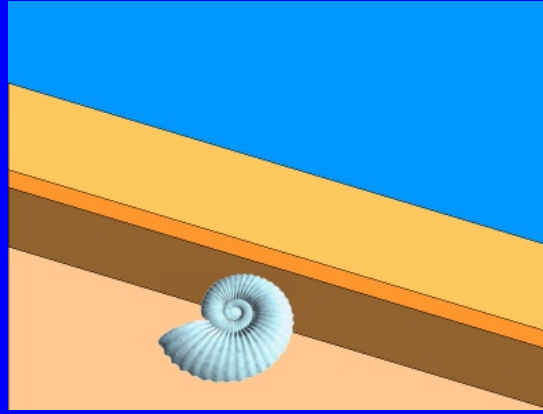
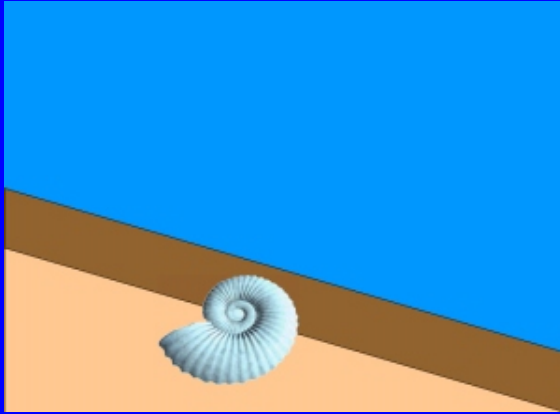


Palaeoniscus aus dem Kupferschiefer von Mansfeld. Der Schwanz ist ständig auf das vordere Körperende übergeschlagen. — Nach W. LAATSCH 1931.

pevné schránky



Diageneze fosilií



Tlakové deformace fosilií

(včetně kolapsu způsobeného rozkladem a kompakce v důsledku tlaku nadloží)
důležité informace o jejich tafonomické historii, základ pro rekonstrukci původního trojrozměrného vzhledu organismu.

Stupeň a povahu tlakové deformace ovlivňuje:

zrnitost a složení sedimentu (hrubozrnnější odolnější vůči kompakci -podpůrný účinek zrn, nižší objem pórové vody);

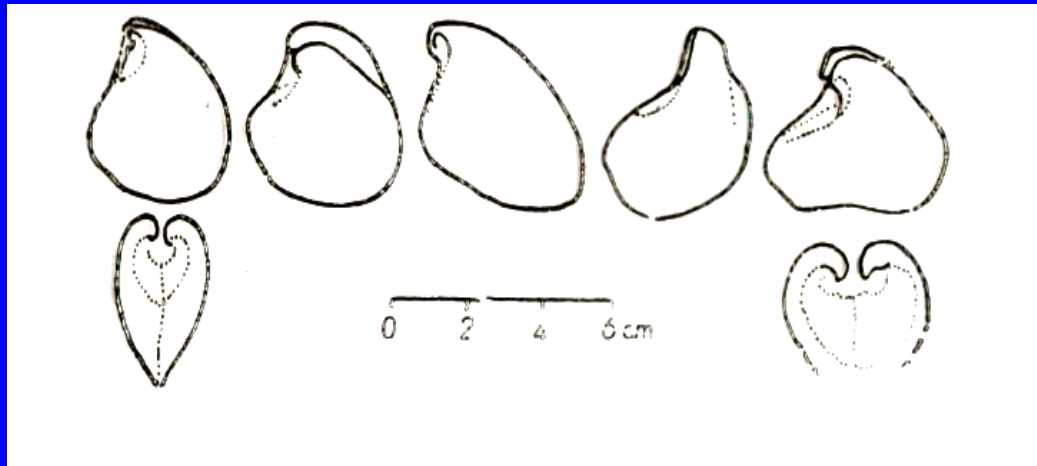
morfologie a mechanická odolnost organismu;

orientace pohřbeného organismu vůči vrstvě;

povaha a načasování diageneze;

výplň dutin.

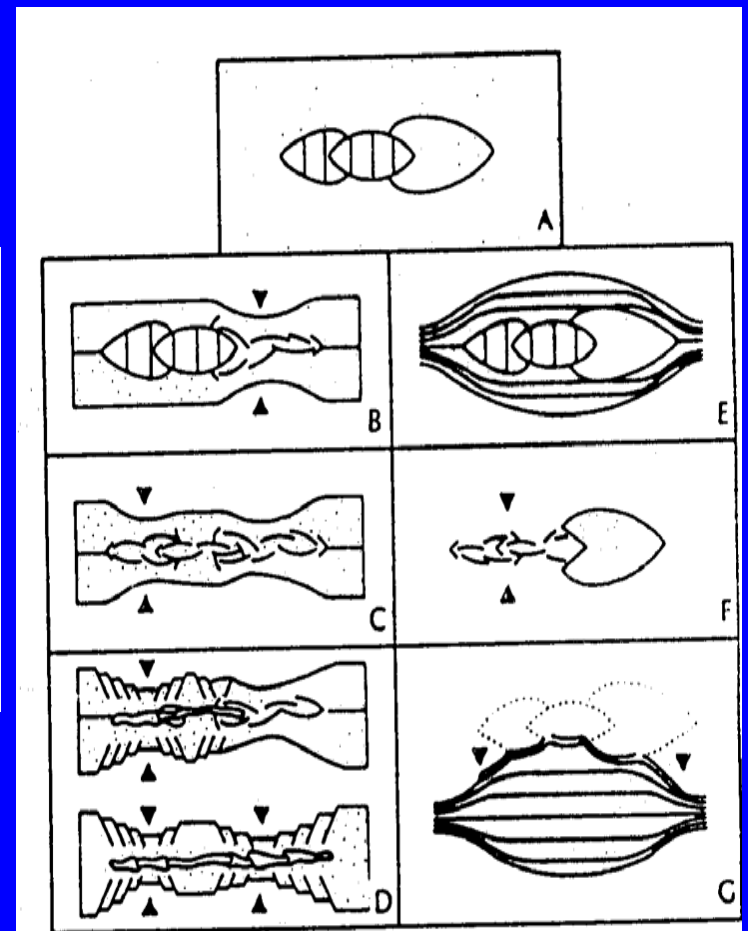
Plastické deformace kamenných jader
(vlevo – původní tvary)



Příklad - deformace schránky amonita:

Sediment v obývací komůrce např. může tvořit konkreci, obvykle z fosfátu (**obr. 1F**).

Komůrky – odolnost vůči kompakci roste při rané fosfatizaci, pyritizaci nebo kalcifikaci (Seilacher et al. 1976).



Preservation and flattening of an ammonite, illustrated in diagrammatic section. A, Uncompacted shell preserved in a coarse early-cemented sediment. B, First of two-phase compaction, body chamber only. C, Second phase, phragmocone compacted. D, Delayed compaction of phragmocone (above), and entire shell (below), wrinkling due to decalcification. E, Compaction prevented by concretion formation. F, Body chamber concretion. G, Concretion external to the shell. (After Seilacher et al. 1976)

Pevné části

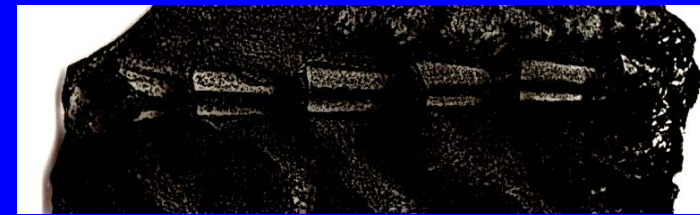
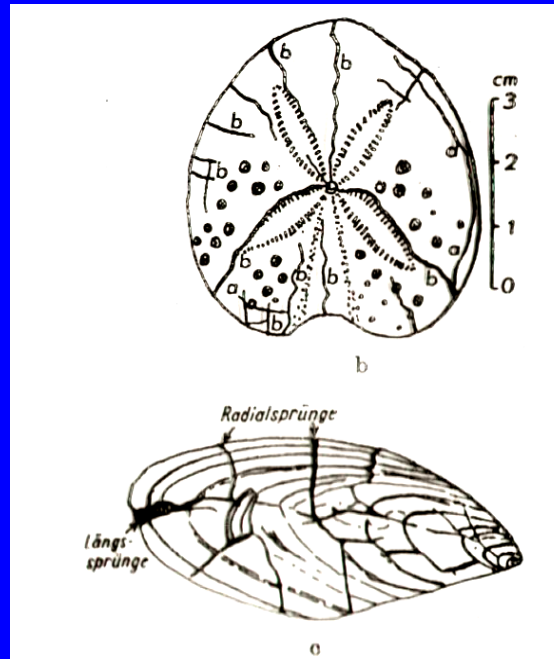
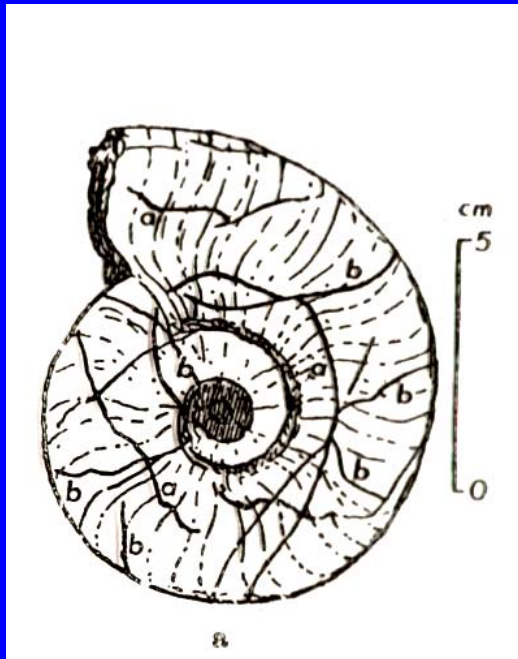
při stlačování se obvykle lámou (vzniklé znaky závisí hlavně na geometrii).

Silné schránky – rozlámání dobře definovatelným způsobem,

tenkostěnné formy - rozlámání mnohem rozmanitějšími způsoby (lze zjistit pouze ve výbrusech)

křehké defomace (např. kosti obratlovců)

Kompakci může významně ovlivnit raná diagenéze (konkrece, výplň dutin...).



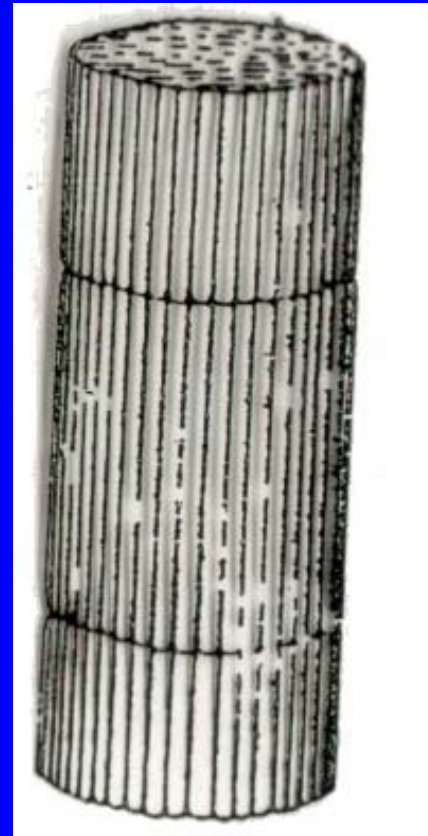
Tlaková deformace s **dislokacemi** (orthoceratid)

Tlaková deformace zkamenělin (vznik **koncentrických a radiálních poruch**)

Rostliny

Většinou **kompakce** – zničení původně trojrozměrné morfologie, může postihnout i vnější znaky ("vtisky" na sedimentární výplni nebo jádře, např. listové polštářky do korové výplně).

Trojrozměrné zachování – výjimečně při permineralizaci (odolnost vůči tlakové deformaci).

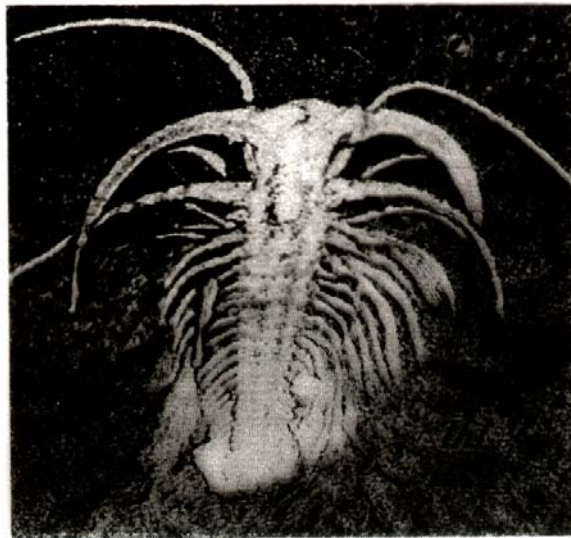


Měkké tkáně

Tlaková deformace - hlavně důsledkem **kolapsu** způsobeného rozkladem (žádné tlaky na okolní sediment a žádná laterální expanze). Kolaps - ve srovnání s kompakcí tlakem nadloží velmi rychlý (dny nebo týdny).

Trojrozměrné zachování – pouze pokud diagenéze proběhla téměř okamžitě (efektní zachování - nejčastěji **fosfatizace**).

Fauna burgesských břidlic



Obr. 134. Článkonožec *Marella splendens* WALCOTT z burgesských břidlic



Obr. 135. Na lokalite Burgess v Britské Kolumbii (Kanada) sa zachovali aj odtlačky mäkkých častí tiel: článkonožec *Burgessia bella* WALCOTT. Podľa CH. WALCOTTA

Marella splendens

Burgessia bella

Diageneze karbonátů koster

- závisí na původní mineralogii a povaze pórových fluid.

Aragonit - **méně stabilní modifikace CaCO_3** - zachován pouze za speciálních podmínek, jinak většinou přeměněn na kalcit - 2 hlavní způsoby:

masové rozpouštění a pozdější vyplnění prázdných prostorů kalcitovým cementem

(kalcitové krystaly obecně hrubé a mnohem větší než původní aragonitové krystaly, nemají drúzovitou stavbu, mohou částečně sledovat linie a roviny původní schránky, např. podél přírůstkových proužků, ale obvykle probíhají napříč).

tzv. kalcitizace - neomorfní proces nahrazování rozpouštěním-opětovným srážením přes tenký film *(vznik textur, které obecně zachovávají relikty původní struktury, např. relikty přírůstkových proužků, reliktní fragmenty původního aragonitu apod.).*

Kalcit - **stabilnější forma CaCO_3** , bývá zachován, ale obsah Mg výrazně redukován a vysoce hořčnatá kalcitová zrna více diageneticky přeměněna než zrna původně z nízce hořčnatého kalcitu.

Fosilní kalcitové kostry a schránky - stále z kalcitu, silicifikace nebo dolomitizace, dobré až perfektní zachování původní struktury.

Během fanerozoika - výrazné změny mineralogie karbonátových koster

(paleozoikum - převažuje kalcit, mezozoikum, kenozoikum – vzrůstá význam aragonitu v mělkovodním prostředí)

patrně odraz nepatrných změn v chemismu mořské vody.

Raně diagenetická mineralizace

jediný proces schopný zpomalit ztrátu informace během rozkladu a fosilizace, např. fosilie zachované v **konkrecích** - obecně lepší zachování než fosilie v okolním sedimentu.

(Příklady: Mazon Creek, Illinois, USA – svrchní karbon – měkké tkáně pouze v sideritových konkrecích, nejsou známy z okolní břidlice, amoniti zachováni v konkrecích – svrchní lias, Yorkshire – trojrozměrní, zatímco v okolním sedimentu - často zploštělí se zlomy vyvolanými kompakcí)



Fosilie v konkrecích – Mazon Creek

Plattenkalks

= **litografické vápence** – lakustrinní i marinní podmínky, jemnozrné a dokonale vrstevnaté (např. eocenní Green River Formation z centrální severní Ameriky, křídové Haqel a Hjoula vápence Libanon a známé jurské **solnhofenské vápence** Bavorsko).

Vznik - zejména **omezený přísun terigenních sedimentů a vysoká rychlost organické produkce**. **Dobře zachované fosilie, někdy včetně měkkých částí** (rychlé pohřbení a obecná absence bentosu, měkkotělé fosilie - zploštění paralelně s vrstevnatostí; litifikace po kolapsu měkkých tkání vyvolaném rozkladem a po kompakci slabě skeletizovaných struktur, např. kutikul arthropodů).



Protolindenia

Solnhofen



Saccocoma

Archaeopteryx

Alligatorellus



Raně diagenetické minerály (důležité médium pro zachování fosilií)

Mineralizace - nejčastější způsob omezující ztrátu informace rozkladem.

Raně permineralizované organismy - často lepší zachování než později permineralizované



Pyrit

Měkké tkáně - rychlá mineralizace nebo podmínky bránící rozkladu

- např. přívěsky trilobitů (ordovik), Beecherova trilobitová vrstva "*Triarthrus*" ze státu New York, USA, zachování trilobitů a měkkých tkání hlavonožců – devon, hunsrücké břidlice, Bundenbach, Německo.

Odolné materiály - intenzivnější rozklad, opožděná tvorba pyritu = zničení měkkých tkání a zachování pouze tkání odolných vůči rozkladu (refractories – např. celulóza, lignin)

Odolnější - lignin - vyšší potenciál zachování než čistě celulózové tkáně - odchylné zachování různých anatomických prvků rostliny (např. letokruhy: rané dřevo/ pozdní dřevo)

Schránky a kosti: Biogenní pevné části - schránky (uhličitan vápenatý) a kosti (fosforečnan vápenatý) - nejodolnější vůči rozkladu, nejobvyklejší typy fosilií. Uhličitan vápenatý méně stabilní, častěji nahrazován pyritem.

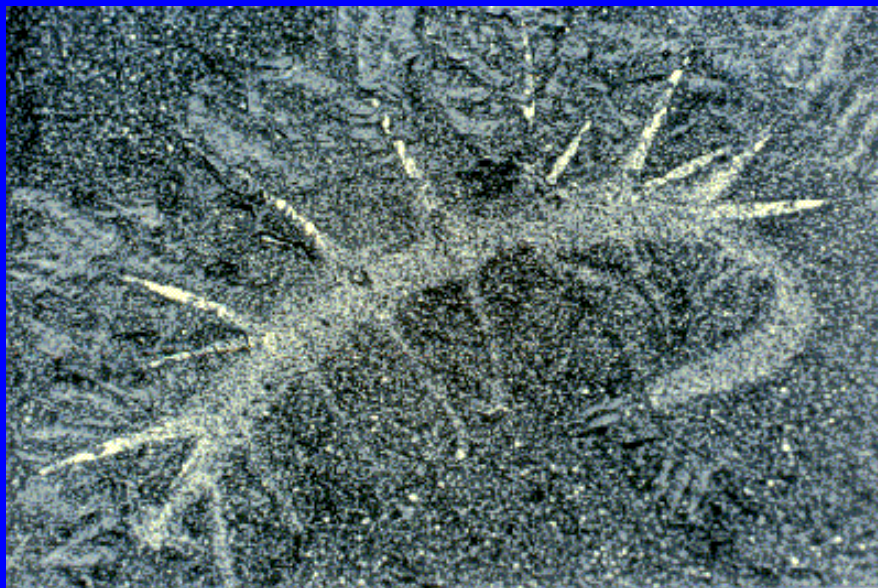
Fosfor

koncentrace - buď pevné tkáně (kosti, kutikuly) nebo častěji měkké tkáně, uplatňuje se při fosilizaci. Kosti, zuby, šupiny - primárně **fosfátické**, vysoký potenciál zachování.

Apatit - fosilizuje četné mikroorganismy bez schránek (např. řasy, houby, bakterie),

fosfatizované koprolity - organická hmota nahrazována apatitem, zachovávajícím přesný tvar objektu

Diagenese - apatit nahrazuje rozpuštěný karbonát, zachován původní vnější tvar schránky.



Burgesské břídlíce

5. Rekonstrukce některých živočichů Burgessovy vrstvy, kteří nemají obdobu v pozdějších dobách: a - dravá Anomalocaris 60 cm, b - Sennelocaris, c - pálika, záhadným chobotem opatřená Opabinia, d - Nectocaris, podivný kentaur s hlavou členovce a tělem strunatce, e - Wiwaxia, snad s jahodou příbuzností s měkkáči, f - nález planktonu Odaraia (40 cm) s ocasem spíše velrybím, g - vůbec ničemu nepodobná, halucinace způsobující Hallucigenia, h - Marrella (15 mm) je nejpčetnějším živočichem vrstvy, sice členovce, ale zato velice svérázný, nezařaditelný do žádné z "klasických" skupin, i - Yohoia, s hlavou členovce a tělem - čeho? Převzato z knihy J. S. Gouida Wonderful Life

