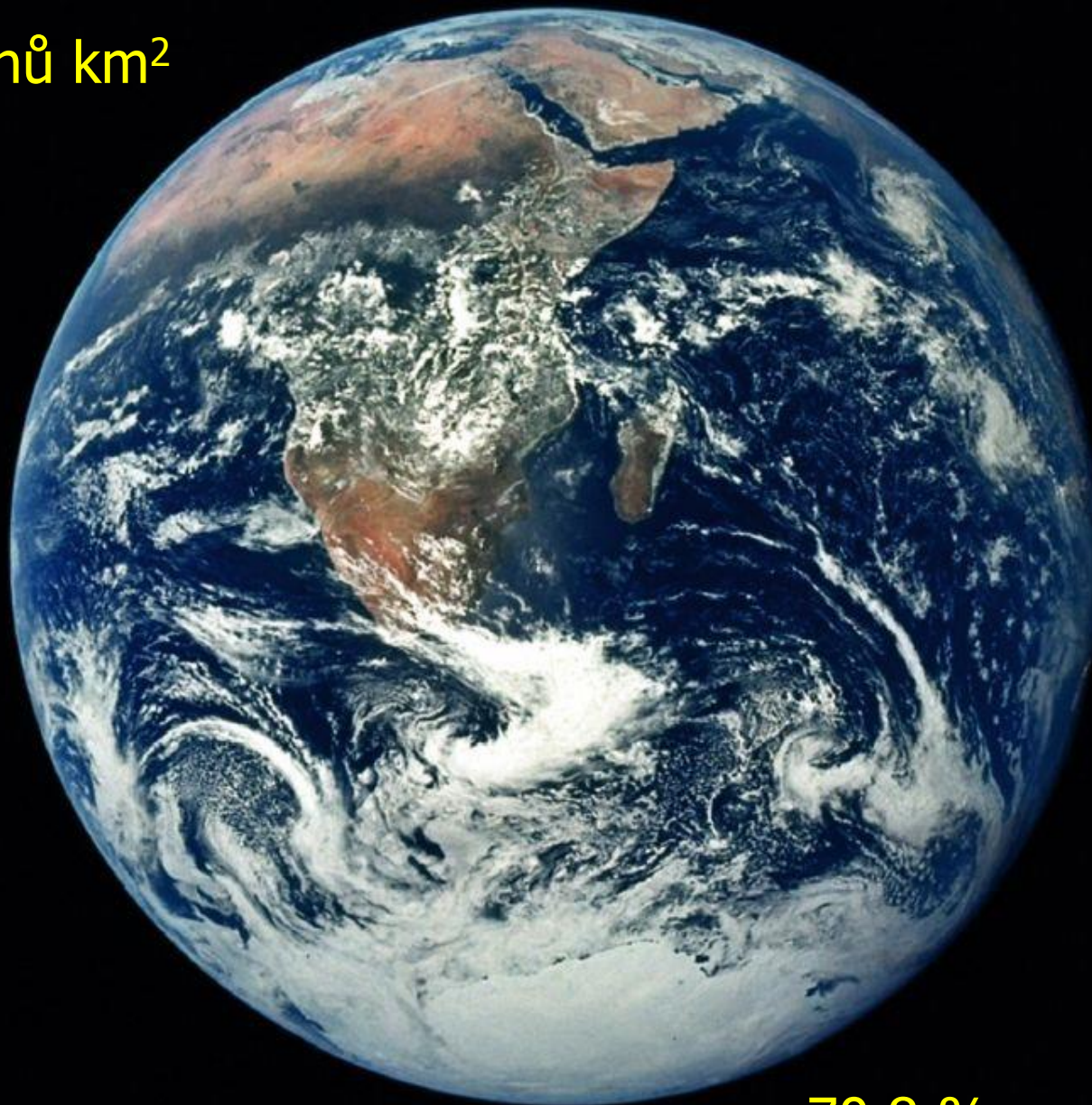




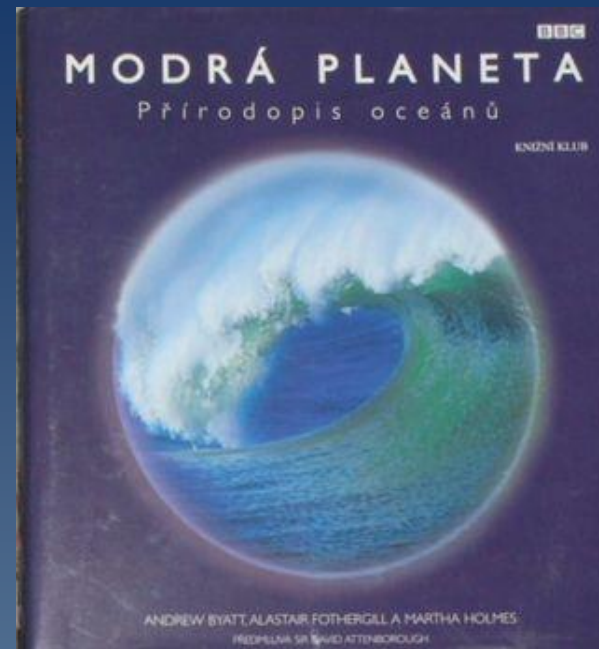
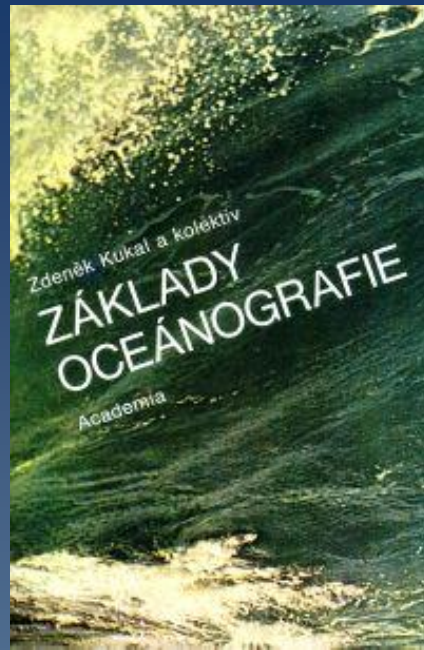
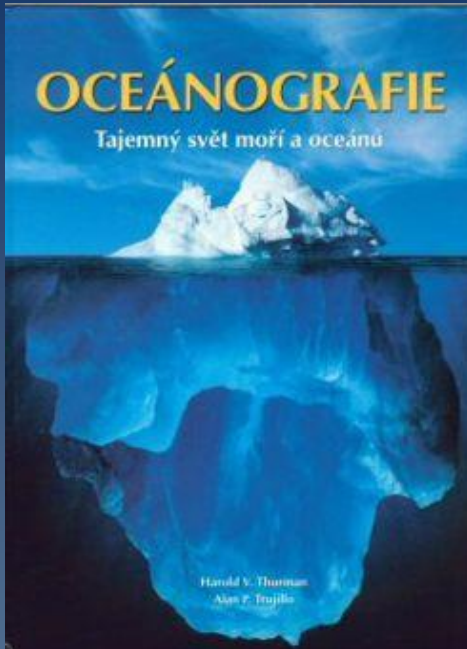
# Mořské ekosystémy

moře:  
361 milionů km<sup>2</sup>



70.8 % povrchu Země

# Literatura

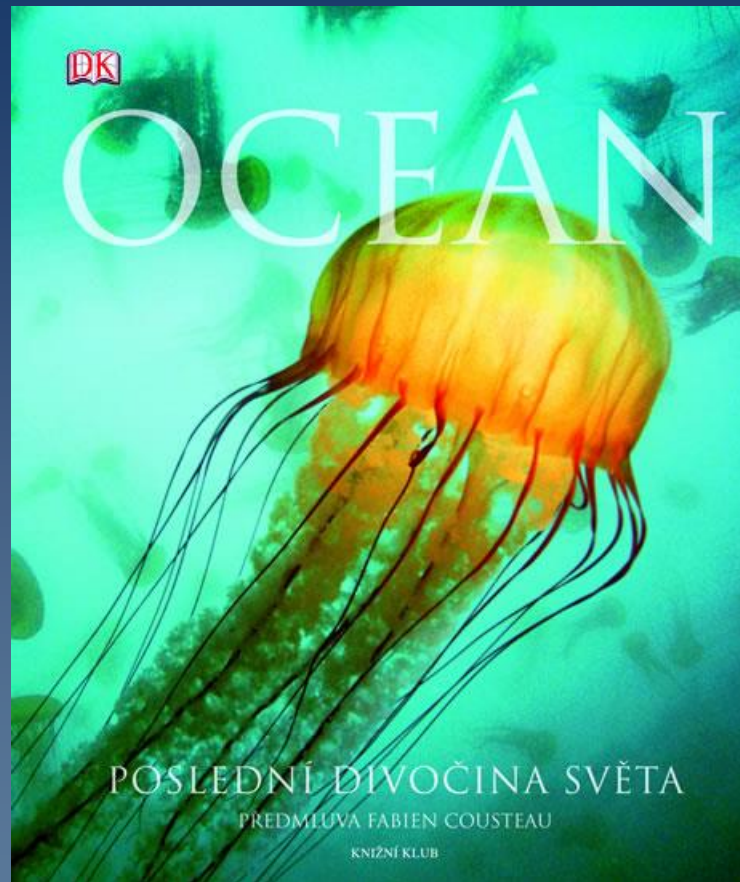


**Oceánografie.** Thurman H.V. & Trujillo A.P. 2004. Computer Press, Brno.

**Základy oceánografie.** Kůkal Z. a kol. 1990. Academia, Praha.

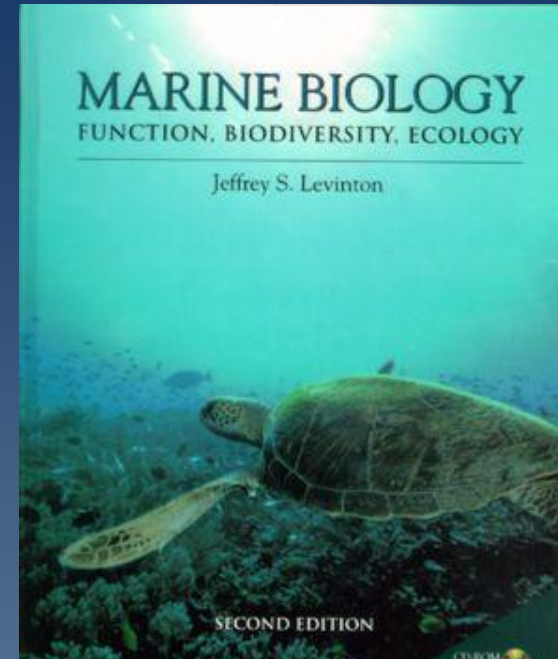
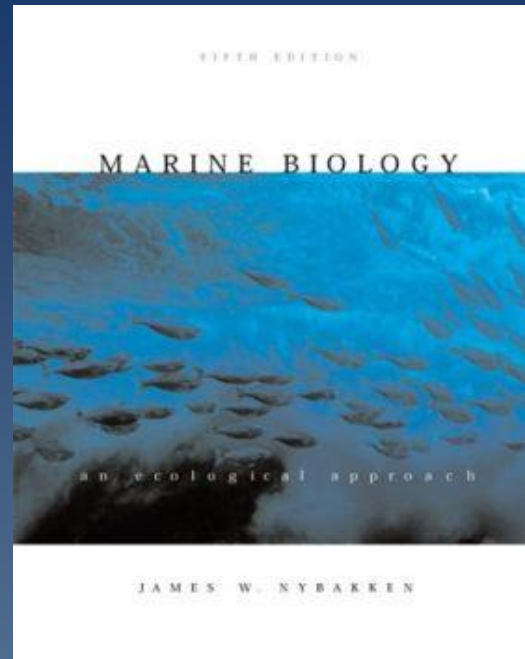
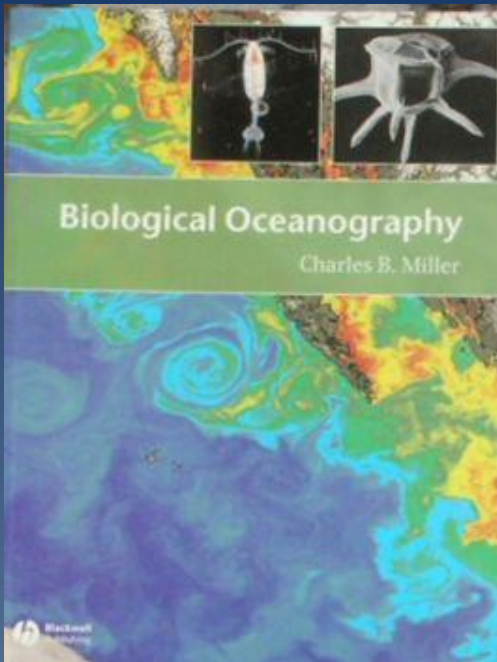
**Modrá planeta.** Byatt A., Fothergill A. & Holmes M. 2002. Knižní klub, Praha.

# Literatura



**Oceán - Poslední divočina světa. Knižní klub, Praha. 2007**

# Literatura



**Biological Oceanography.** Miller C.B. 2004. Blackwell Publishing.

**Marine Biology: an ecological approach.** 5th ed.  
Nybakken J.W. 2000. Addison Wesley Publishing.

**Marine Biology. Function, biodiversity, ecology.** 2nd ed.  
Levinton J.S. 2001. Oxford University Press.

# Salinita

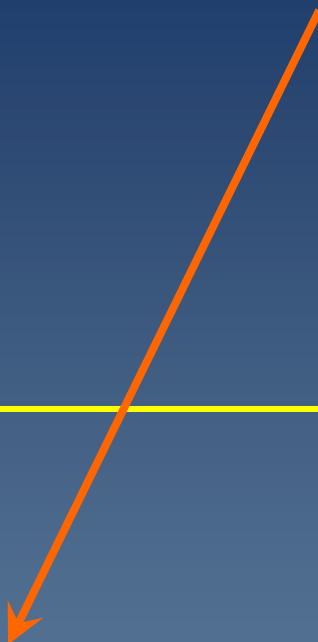
- obsah rozpuštěných solí  
(resp. anorganických látek)
- přesněji (od r. 1902):  
obsah rozpuštěných pevných látek (g)  
obsažených v 1 kg mořské vody poté, co
  - 1) všechny halidy byly převedeny na chloridy
  - 2) karbonáty byly převedeny na oxidy
  - 3) organika byla kompletně zoxidována
- vyjadřovaná v ‰ (**ppt**) nebo **psu** (practical salinity units)
- iontové složení dosti konstantní

# Salinita

<b>hlavní ionty</b>		<b>hmotnostní %</b>
chlorid	Cl <sup>-</sup>	55,04
sodík	Na <sup>+</sup>	30,64
síran	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7,68
hořčík	Mg <sup>2+</sup>	6,69
vápník	Ca <sup>2+</sup>	1,16
draslík	K <sup>+</sup>	1,10
		<hr/>
		<b>99,28</b>
<b>vedlejší ionty</b>		
bikarbonát	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,41
bromid	Br <sup>-</sup>	0,19
boritan	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0,07
stroncium	Sr <sup>2+</sup>	0,04
		<hr/>
<b>mezisoučet</b>		<b>0,71</b>
<b>celkem</b>		<b>99,99</b>

# Salinita

hlavní ionty		hmotnostní %
chlorid	Cl <sup>-</sup>	55,04
sodík	Na <sup>+</sup>	30,64
síran	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7,68
hořčík	Mg <sup>2+</sup>	6,69
vápník	Ca <sup>2+</sup>	1,16
draslík	K <sup>+</sup>	1,10
<hr/>		<b>99,28</b>



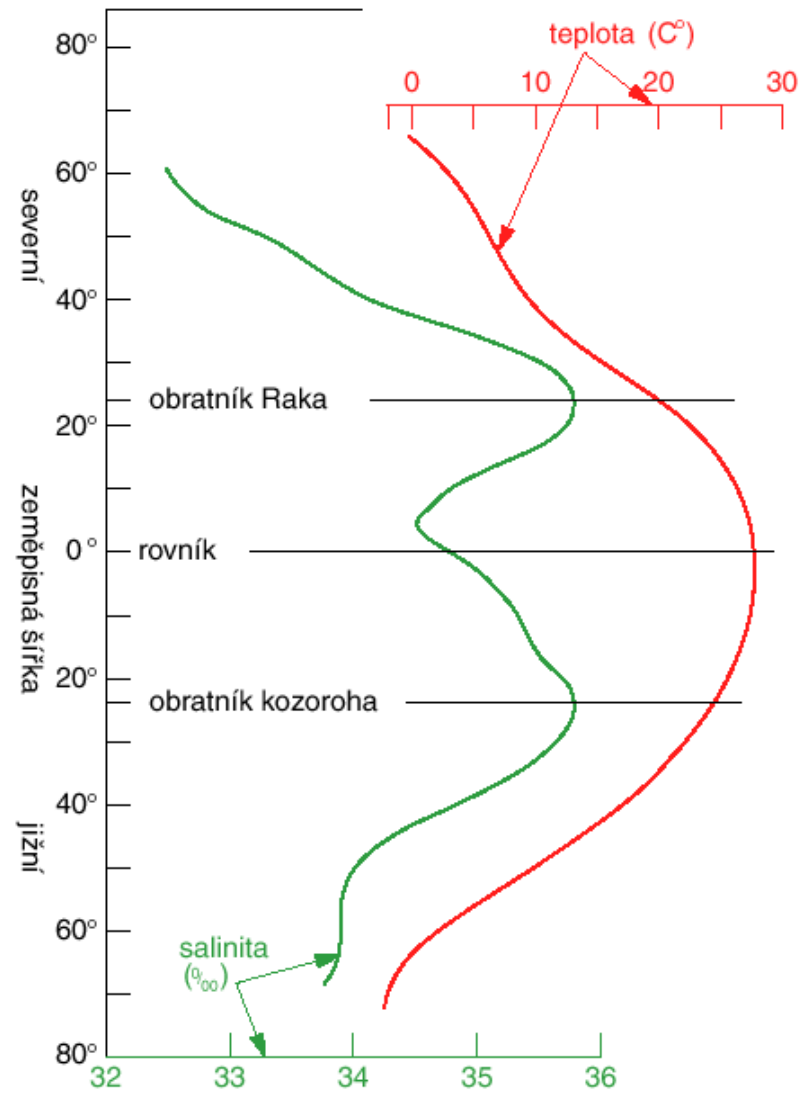
Vztah mezi salinitou a chlorinitou:

$$S [\text{‰}] = 1,80655 \text{ Cl} [\text{‰}]$$



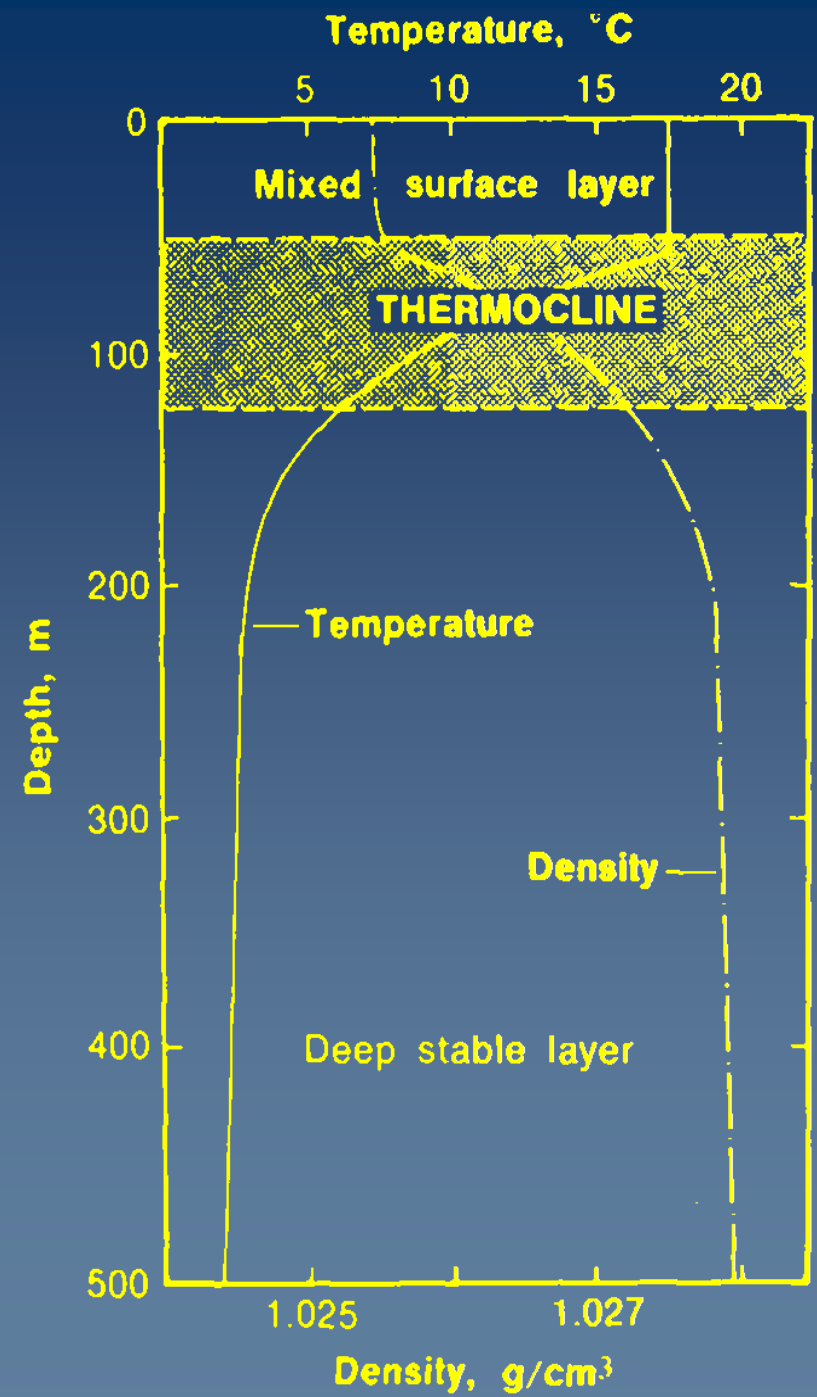
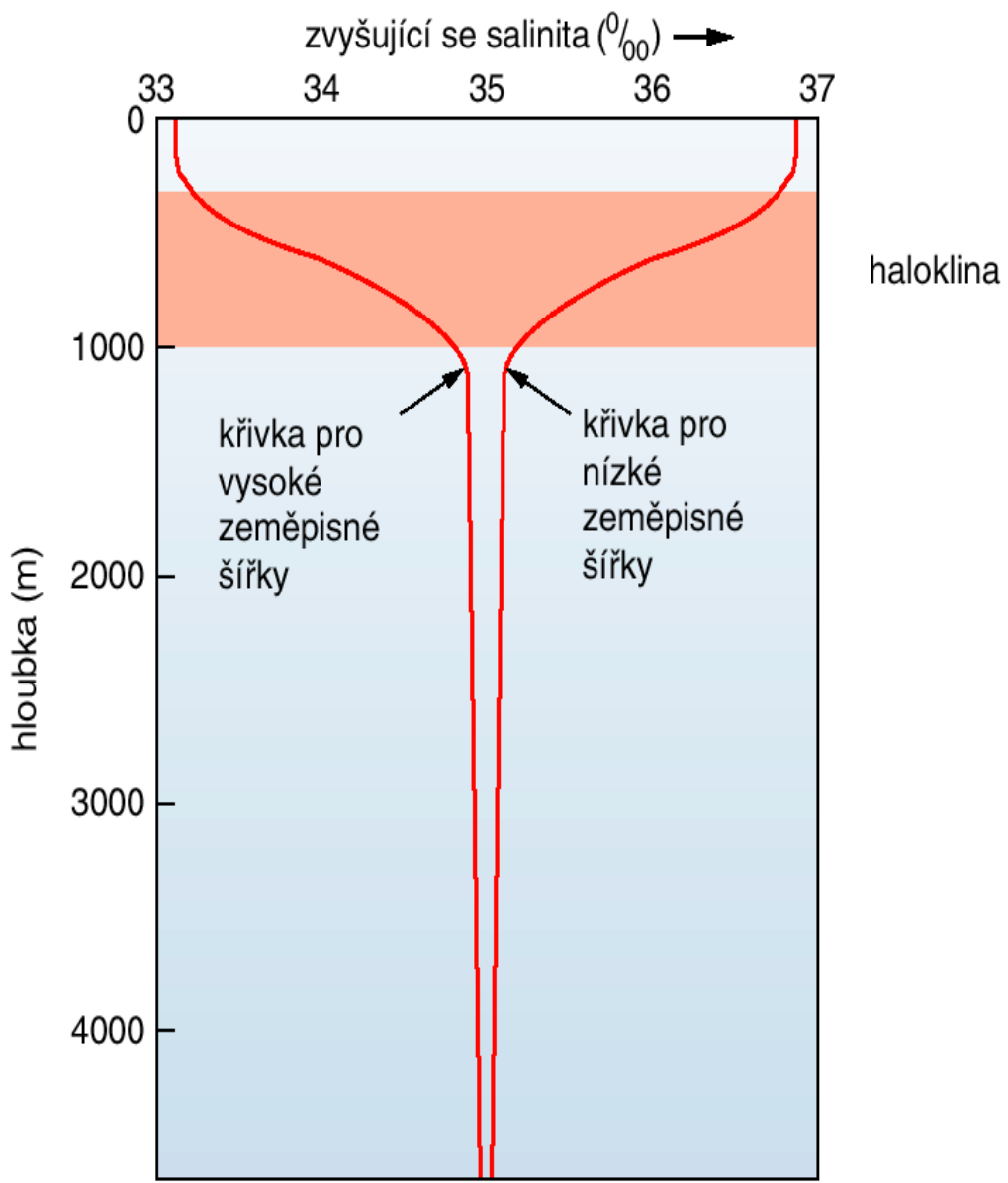
# Salinita

- průměrná mořská voda okolo 35 psu  
(ssw – standard seawater)
- **volné oceány** – 34-37 psu
- **pobřežní vody** – 0- >40 psu  
delta Dunaje vs. Rudé moře
- **extrémní pobřežní biotopy** >> 80 psu



# Vztah teploty, hustoty a salinity

- v mořské vodě (nad 24 psu) zaniká teplotní anomálie vody
  - hustota vzrůstá s poklesem teploty
  - typická teplota dna oceánů  $\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- teplota tání při vyšší salinitě klesá pod bod mrazu
  - arktické oceány



# Vztah mořských organismů k salinitě

- většina živočichů v osmotické rovnováze s vnějším prostředím
- STENOHALINNÍ – snáší pouze malé výkyvy salinity (otevřená moře)
- EURYHALINNÍ – velké výkyvy salinity pobřežní vody, estuáry, polární moře ...

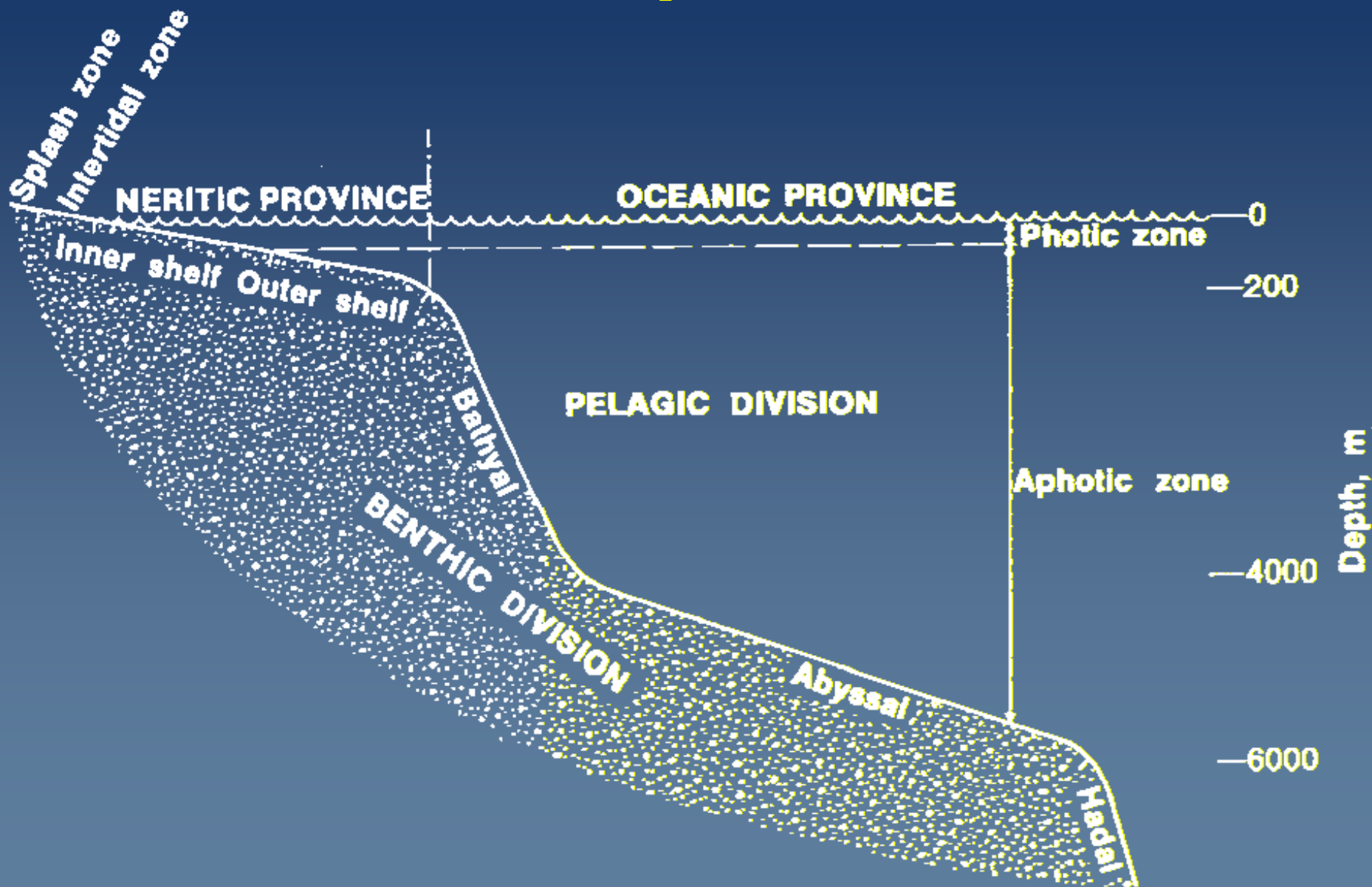
# Vztah mořských organismů k salinitě

POIKILOOSMOTICKÉ – pasivně měnící osmotické  
vlastnosti dle změn salinity v okolí  
příklady: slávka *Mytilus edulis*, vilejš *Balanus* sp.

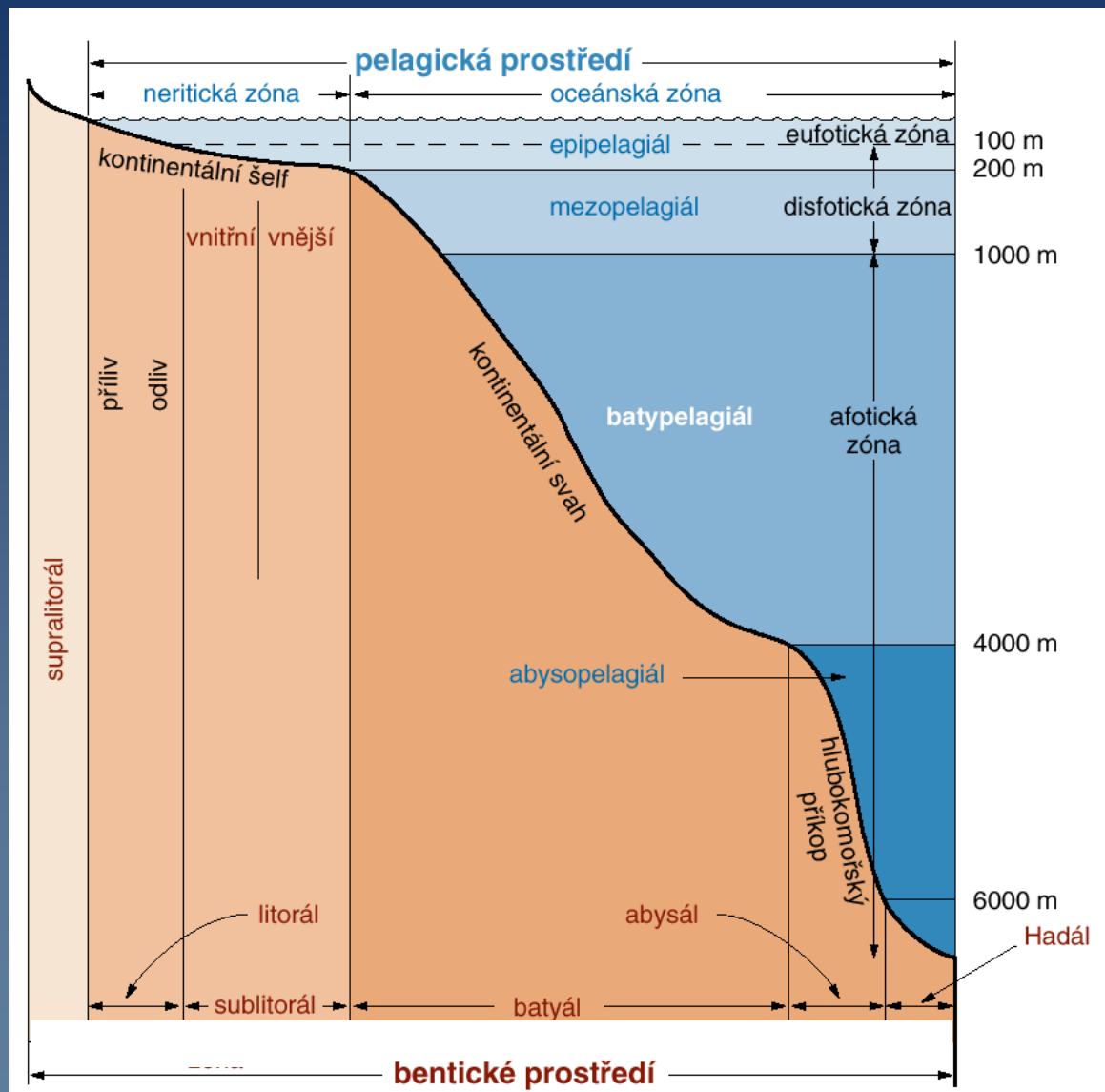
HOMIOOSMOTICKÉ ORGANISMY – vlastní  
osmoregulace

příklad: krab *Carcinus maenas*

# Mořské prostředí



# Mořské prostředí





# KONTINENTÁLNÍ ŠELF

- ~ pár desítek m až stovky km  
(průměrně 65 km)
- klesání 2‰ (2 m · km<sup>-1</sup>)

# KONTINENTÁLNÍ SVAH

- klesání ~70‰

# batyál

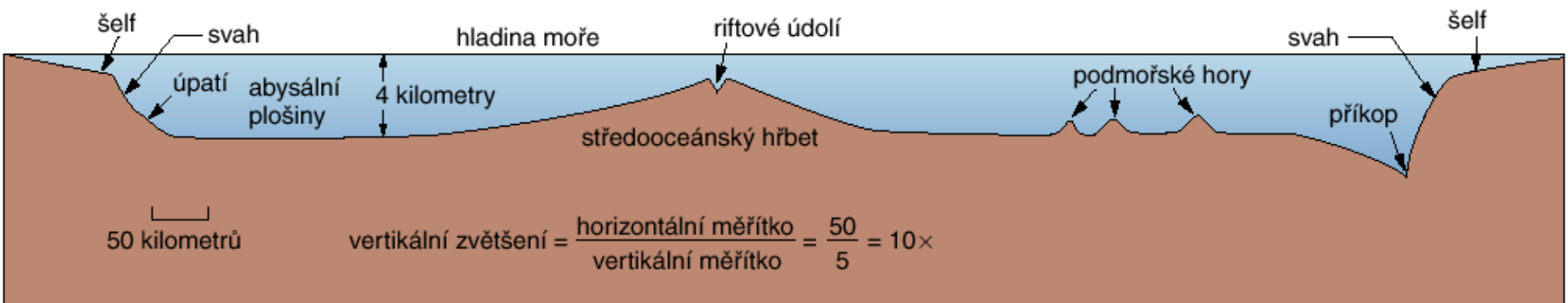
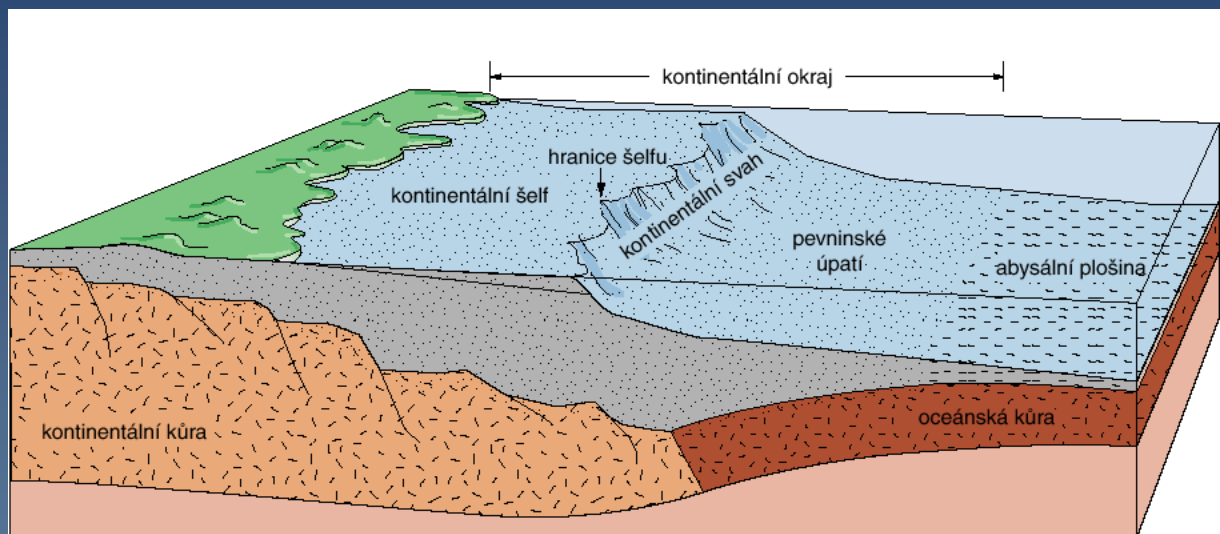
# ABYSÁLNÍ PLOŠINA

- dno oceánů
  - ~3-6 km hluboko
  - převážně zima a tma
- # abysál

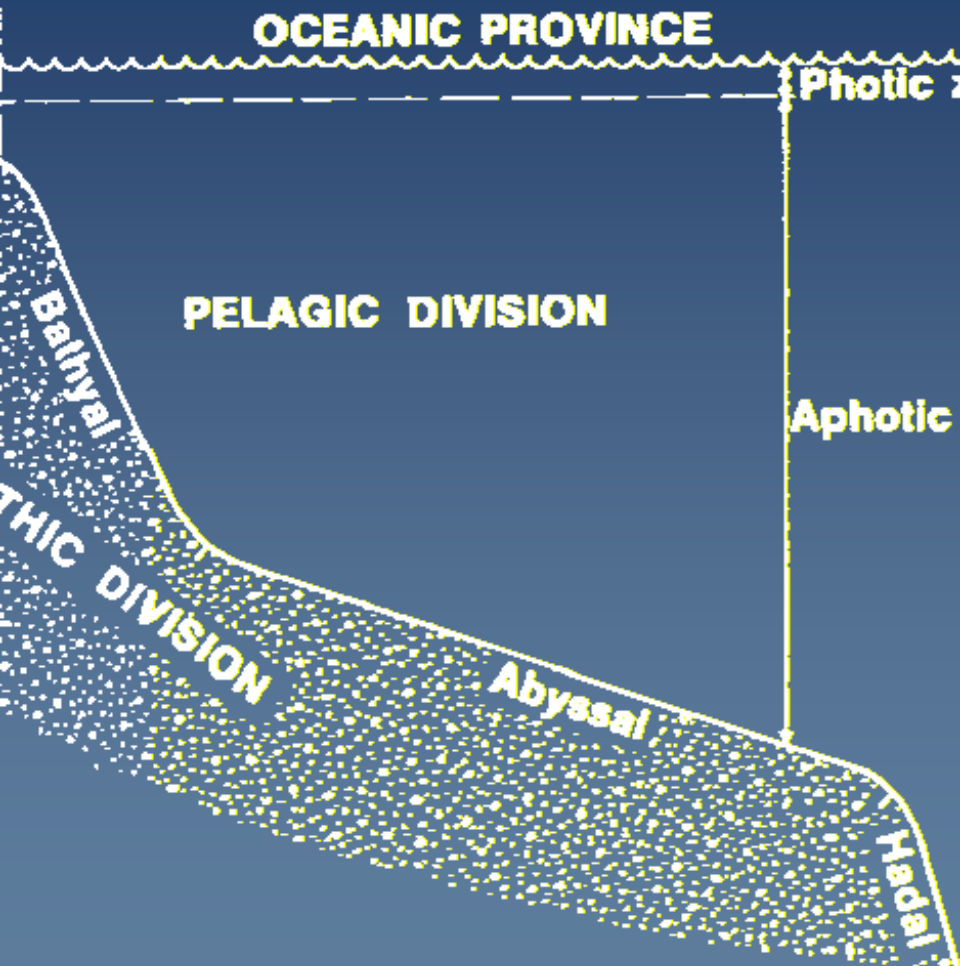
# OCEÁNSKÉ PŘÍKOPY

do 11 020 m (Challenger Deep)

# hadál



# Vertikální členění



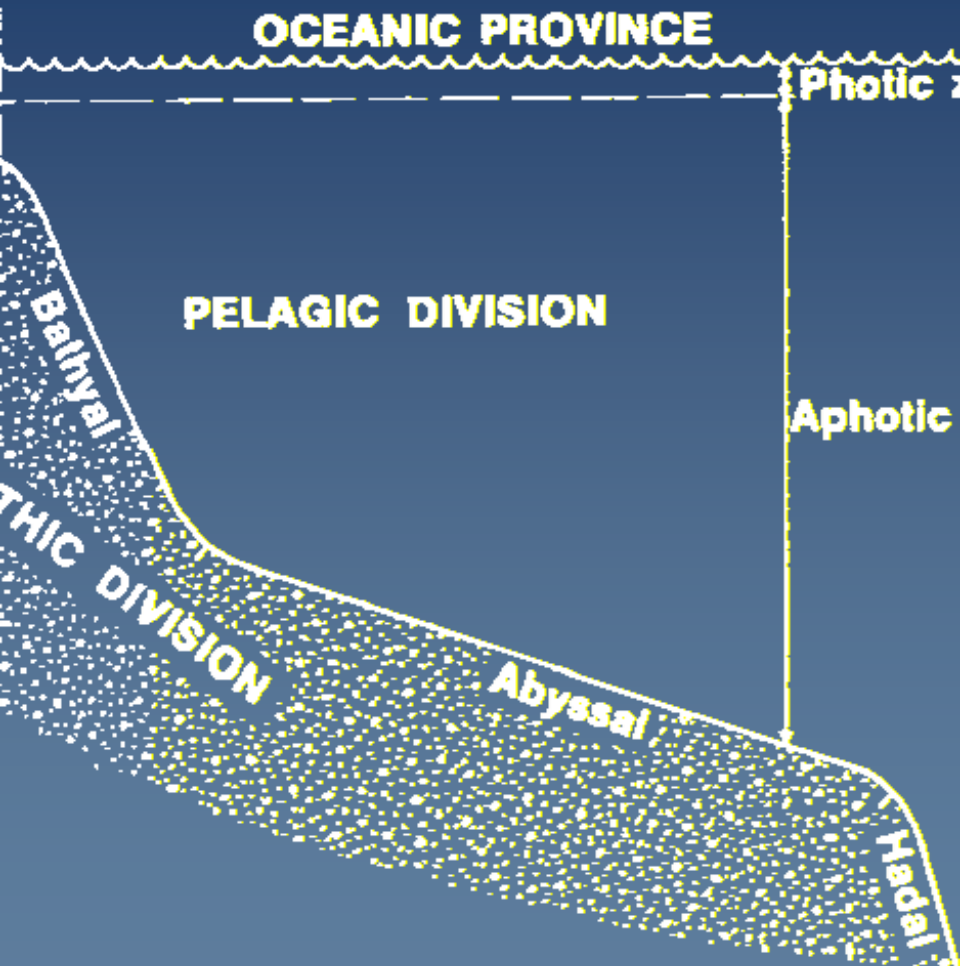
## PELAGICKÁ ZÓNA (PELAGIÁL)

- skoro celý objem oceánů a moří
- organismy se vznášejí nebo aktivně plavou

## BENTICKÁ ZÓNA (BENTÁL)

- dno moří a oceánů
- organismy trvale přisedlé, volně pohyblivé nebo zahrabány v substrátu

# Vertikální členění - pelagiál



## EUFOTICKÁ ZÓNA - epipelagiál

1-75 (150) m

- oblast probíhající fotosyntézy nad kompenzačním bodem
- produkce převyšuje respiraci

## svrchní batypelagiál (meso-)

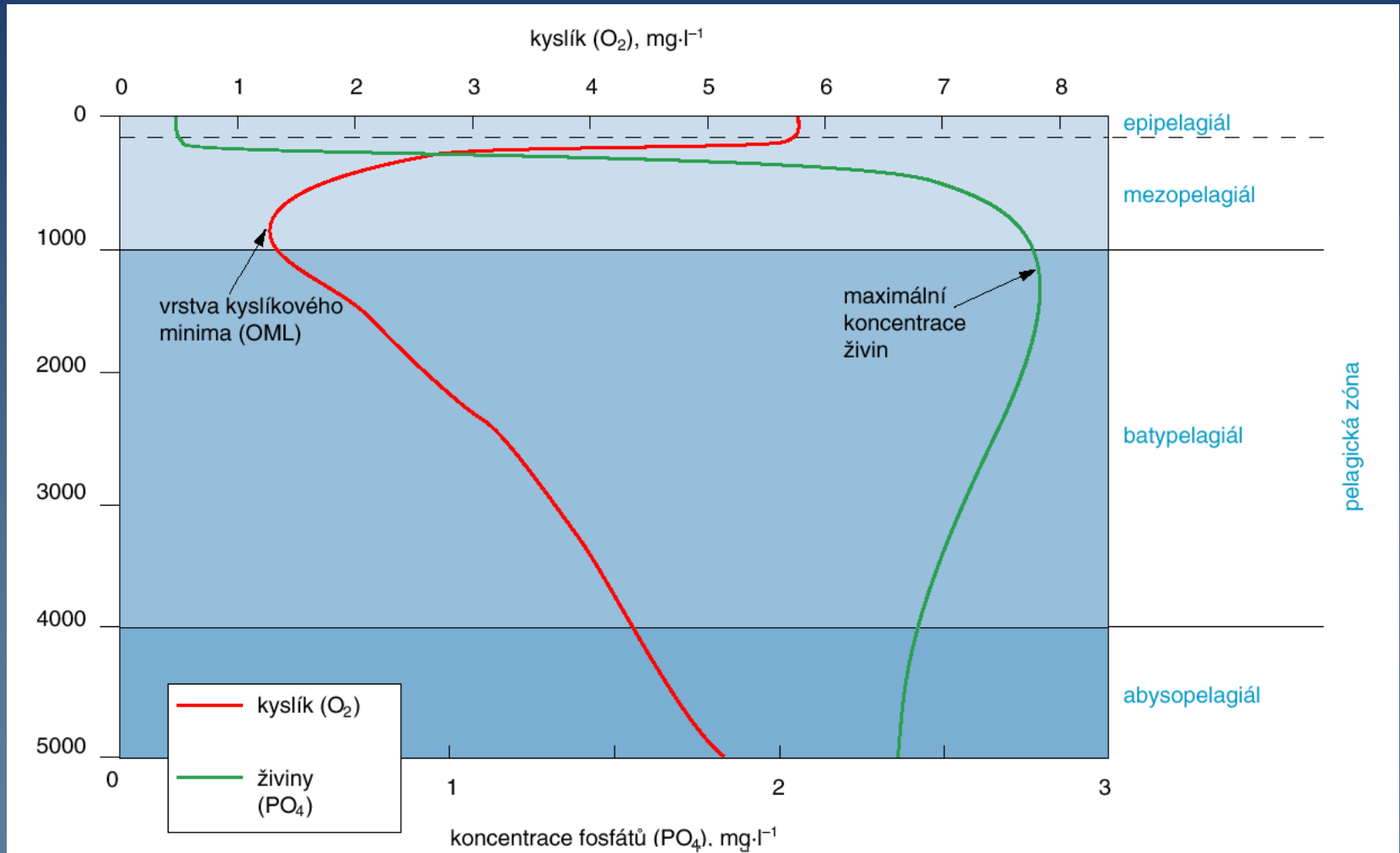
- šero, maximální koncentrace živin

## AFOTICKÁ ZÓNA

### – spodní batypelagiál

- tma a zima
- organismy převážně závislé na alochtonní produkci
- bioluminiscence

# Kyslíková stratifikace



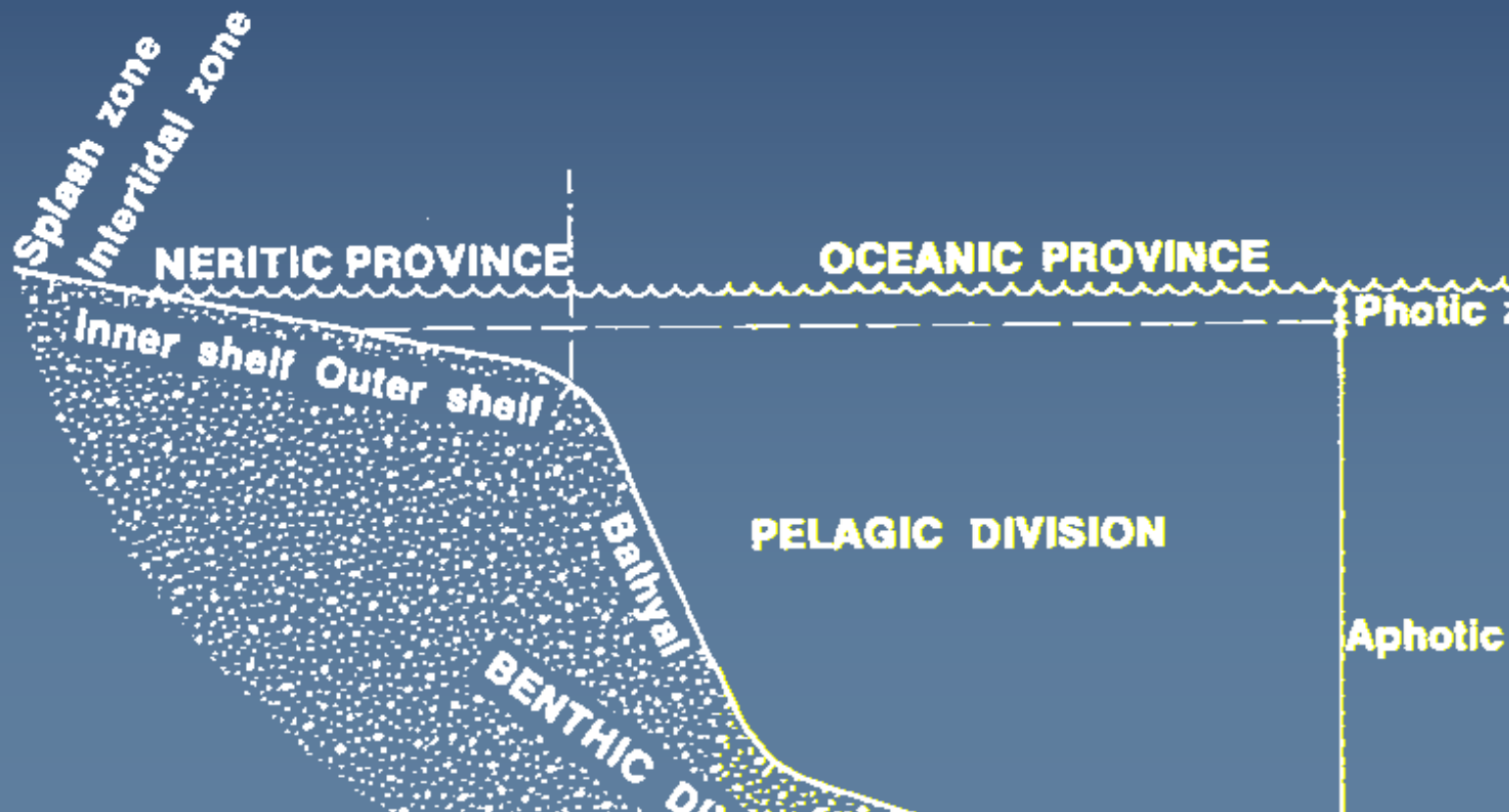
# Horizontální členění

## NERITICKÁ ZÓNA

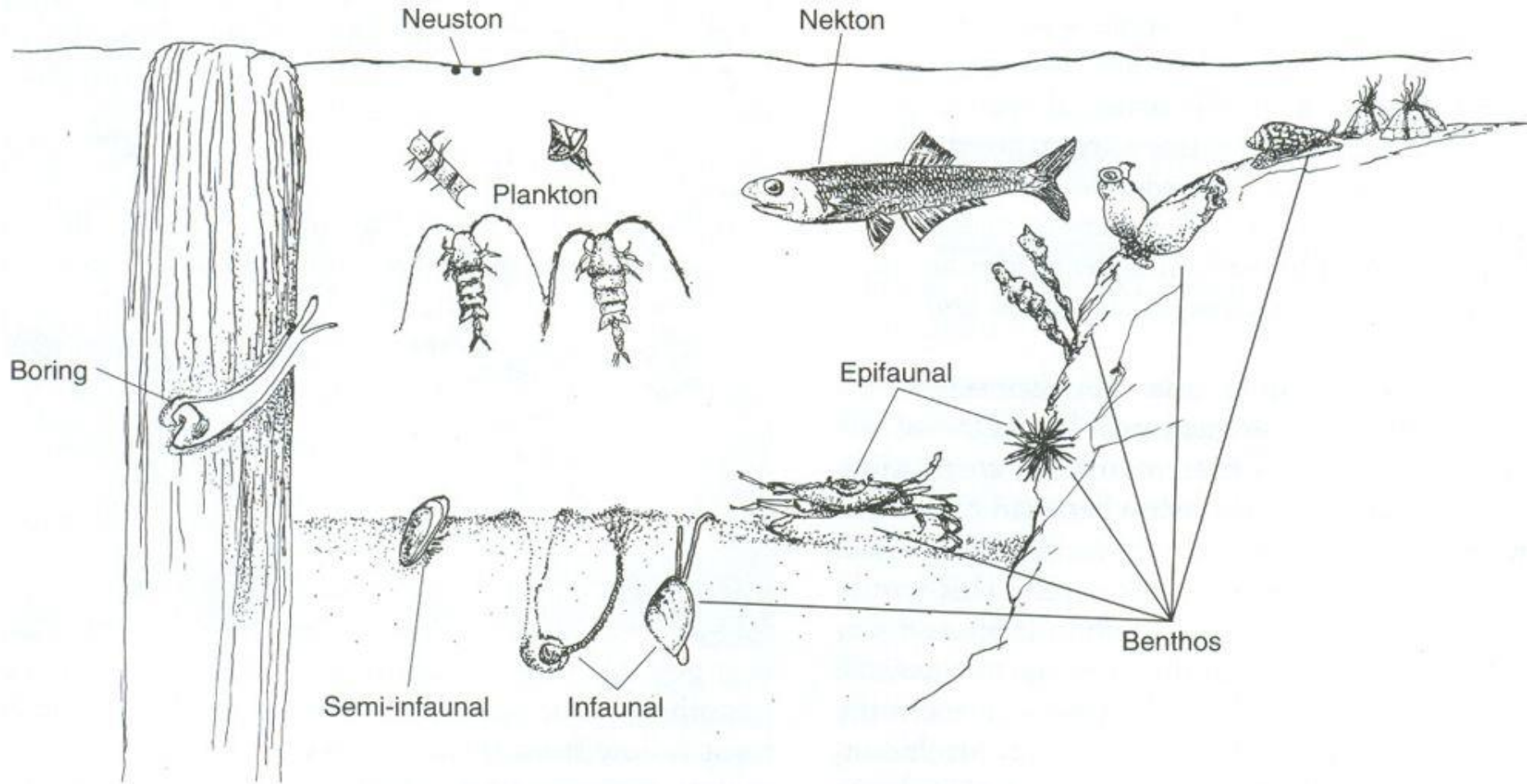
- příbřežní, šelfová část moří
- variabilní složení vody
- větší množství živin

## OCEÁNSKÁ ZÓNA

zóna otevřeného moře



# základní vodní společenstva

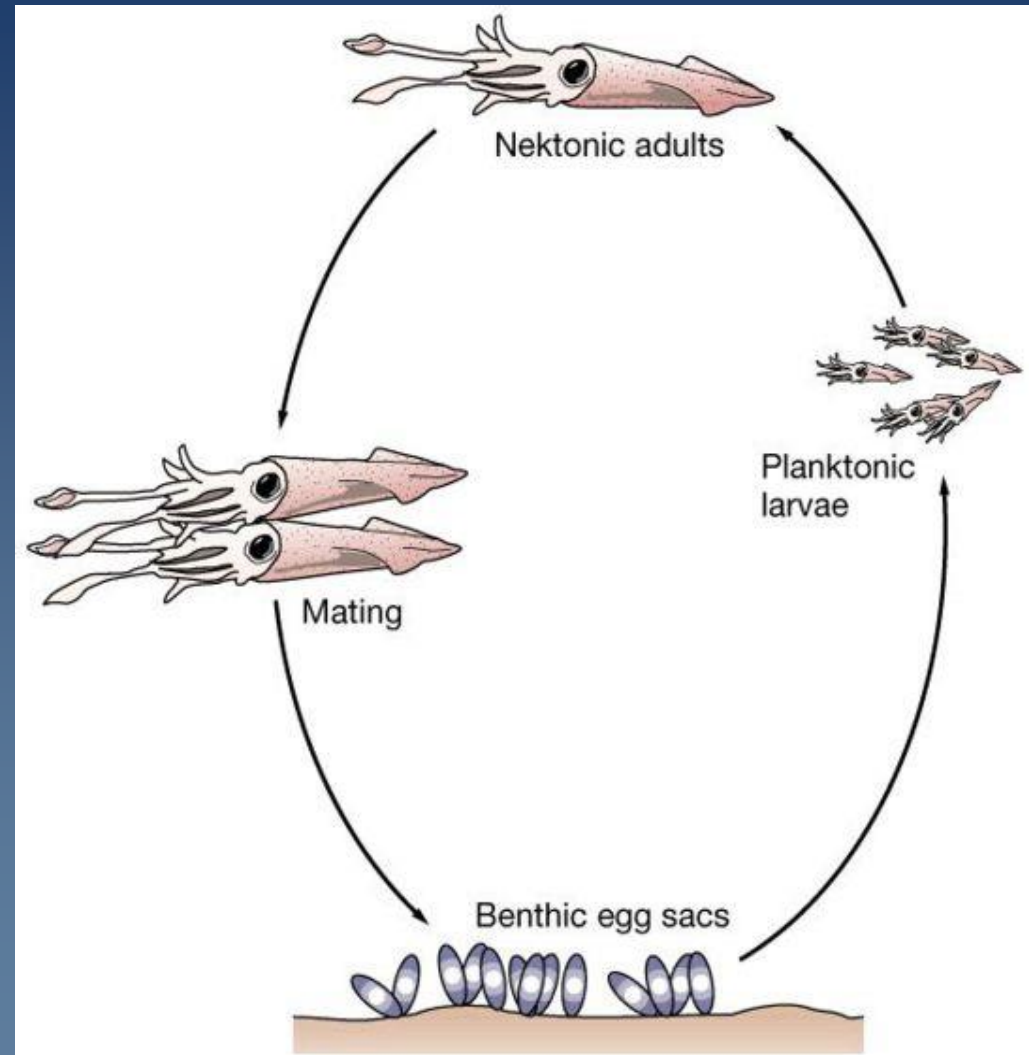


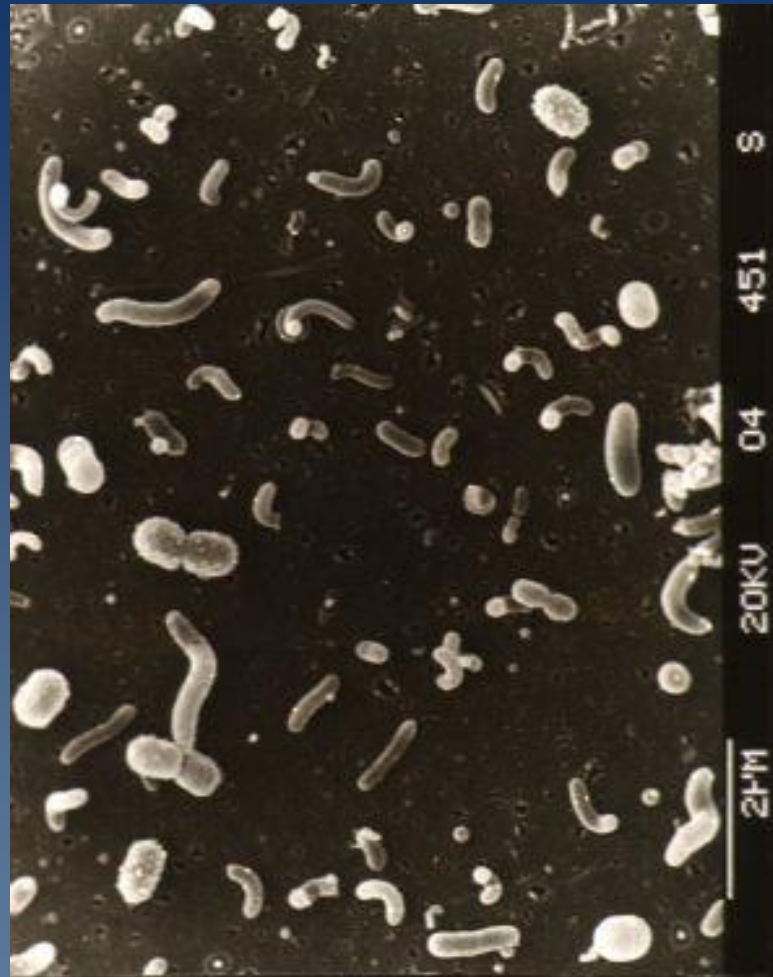
# základní vodní společenstva

**NEKTON** = organismy volné vody s aktivním pohybem

**PLANKTON** = organismy volné vody s „pasivním“ pohybem

**BENTOS** = organismy dna





pikoplankton



megaplankton  
(*Cyanea arctica*)  
průměr 2.4 m,  
chapadla >>30 m



# Plankton

- pohyb organismů relativně nevýznamný vůči *horizontálnímu* pohybu vodních mas
- nutnost zabezpečení proti „pádu do hlubin“
- dle skupin: fyto-, zoo-, bakterio-, ichtyoplankton
- dle velikosti: nano-, ..., mega-
- základ potravních sítí volné vody
  - rozsivky, kokolitky, sinice; klanonožci, krunýřovky
- vertikální migrace
  - odrazové zóny (deep scattering layer, DSL)

# Zooplankton



## Meroplankton

*dočasný plankton*

obvykle  
larvy bentických nebo  
pelagických organismů  
(*Decapoda*, ostnokožci,  
ryby...)

## Holoplankton

*plankton "navždy"*

prvoci,  
ploutvenky,  
planktonní korýši...

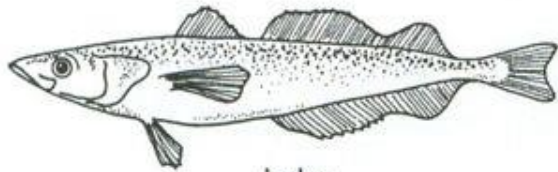
# Nekton

- (relativně) dobří plavci
- v mořích zejména (pa)ryby, hlavonožci, kytovci, želvy
- při hladině i v hloubkách (epi- až batypelagiál)

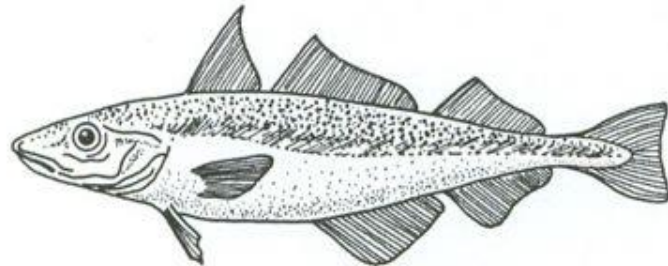


# Ne každá ryba je nekton

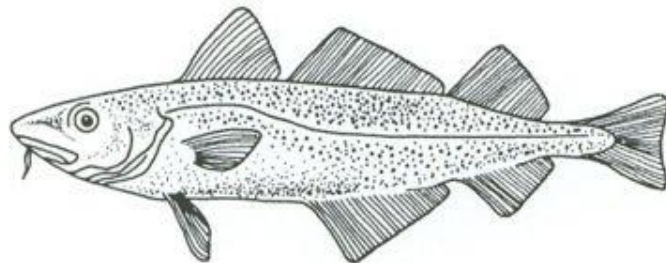
DEMERSAL  
(mostly bottom dwelling)



hake



haddock



cod

PELAGIC  
(surface dwelling)



sardine



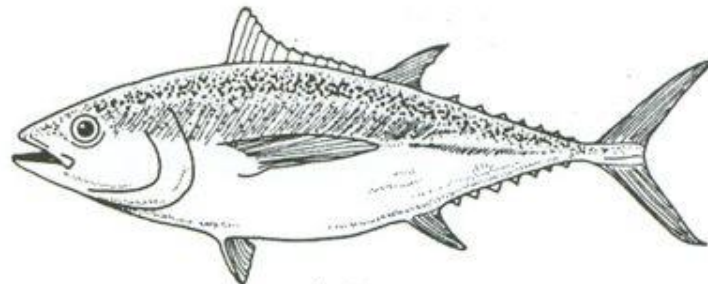
anchovy



herring

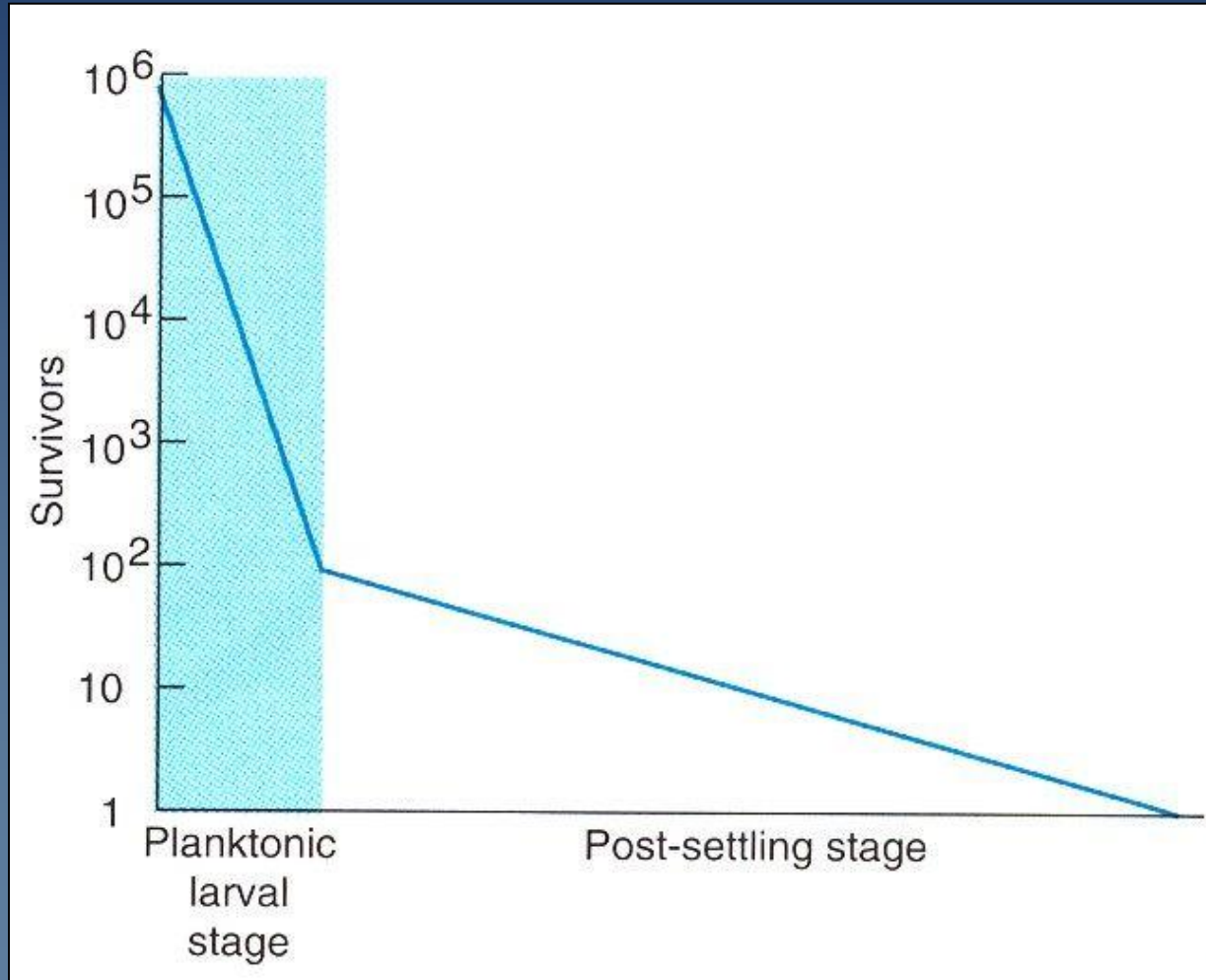


mackerel

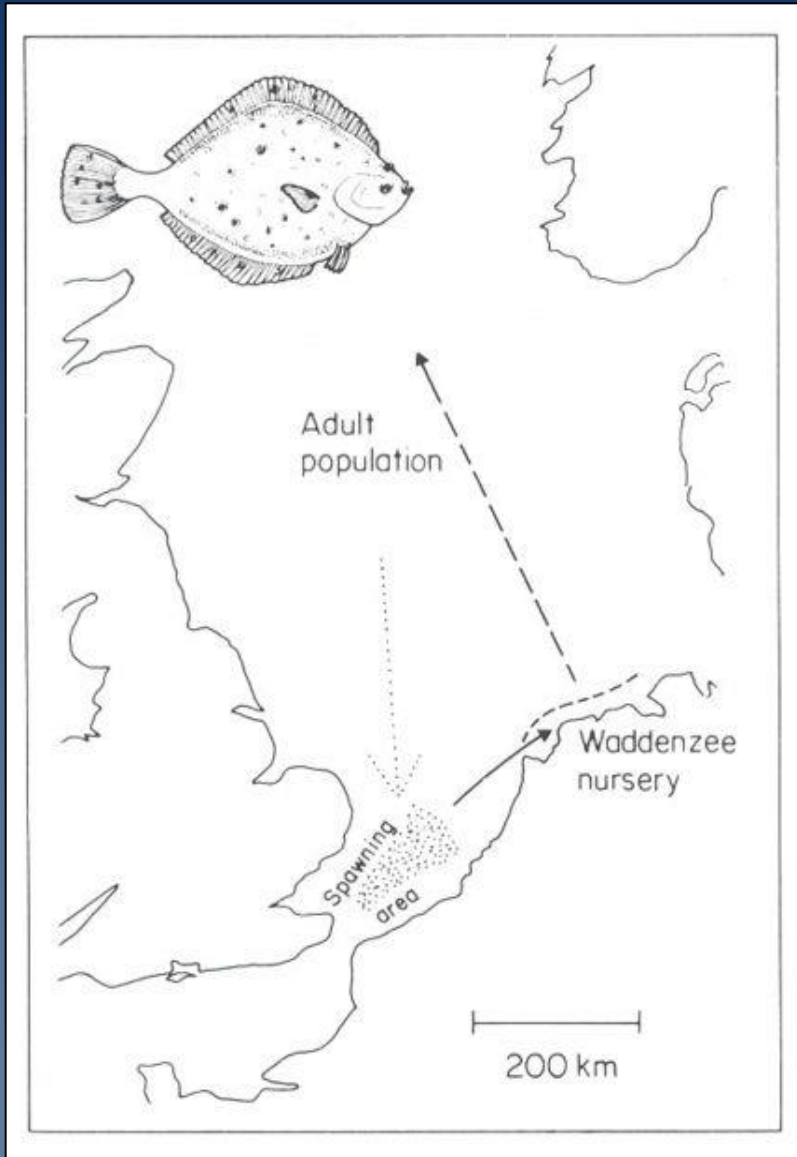


tuna

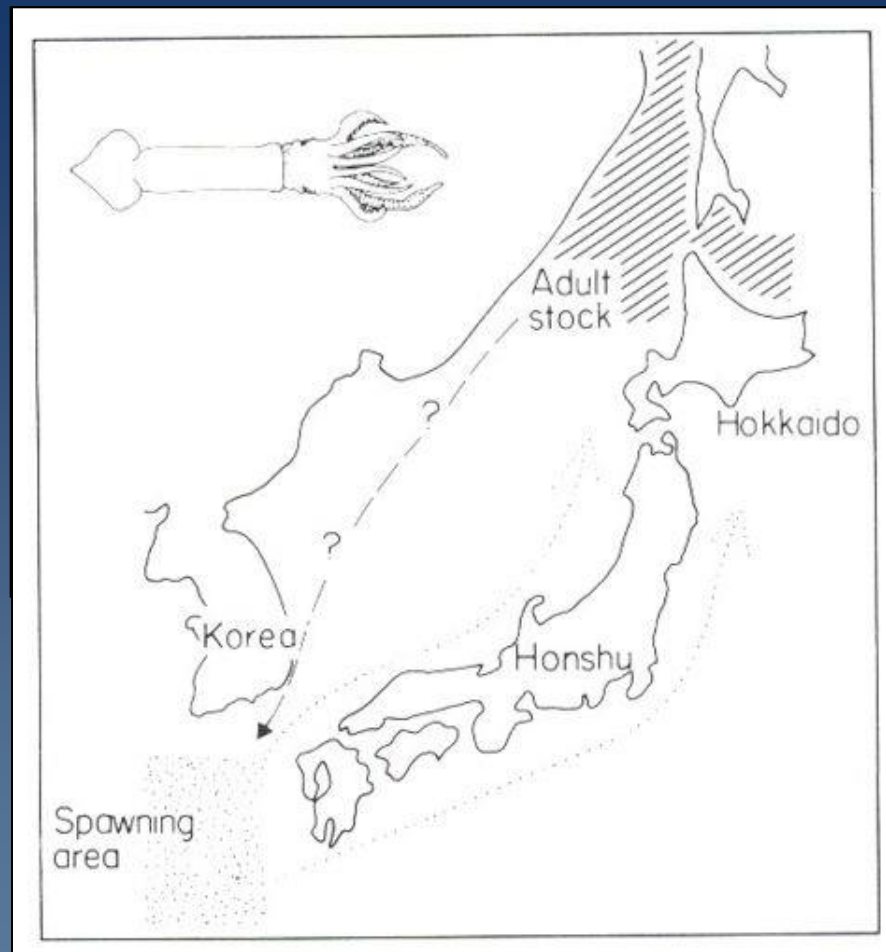
# Z planktonu se na dno každá ryba nedostane...



# Migrace



*Pleuronectes platessa*



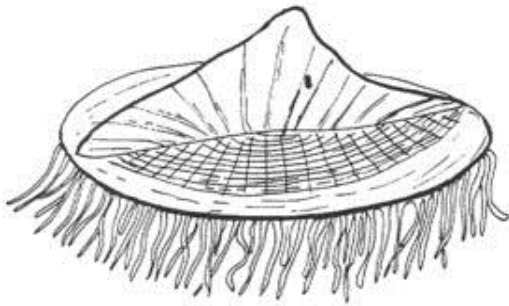
*Todarodes pacificus*

# Bentos

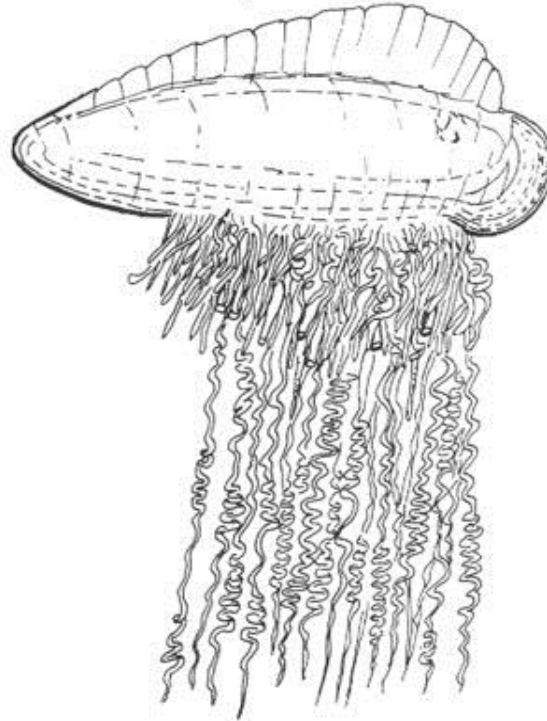
- společenstvo organismů dna
- v naprosté většině závislé na produkci pelagické zóny nade dnem
- bentická primární produkce v mělkých vodách s dostatkem světla (*fotosyntéza*)  
+ ve specializovaných hlubokomořských společenstvech (*chemosyntéza*)
- bentičtí živočichové žijí jak na povrchu (*epifauna*), tak pod povrchem dna (*infauna*)
- charakter společenstva závisí na dostupnosti potravy a substrátu

# Pleuston – „Modrá flotila“

1 *Veella veella*



4 *Physalia physalis*



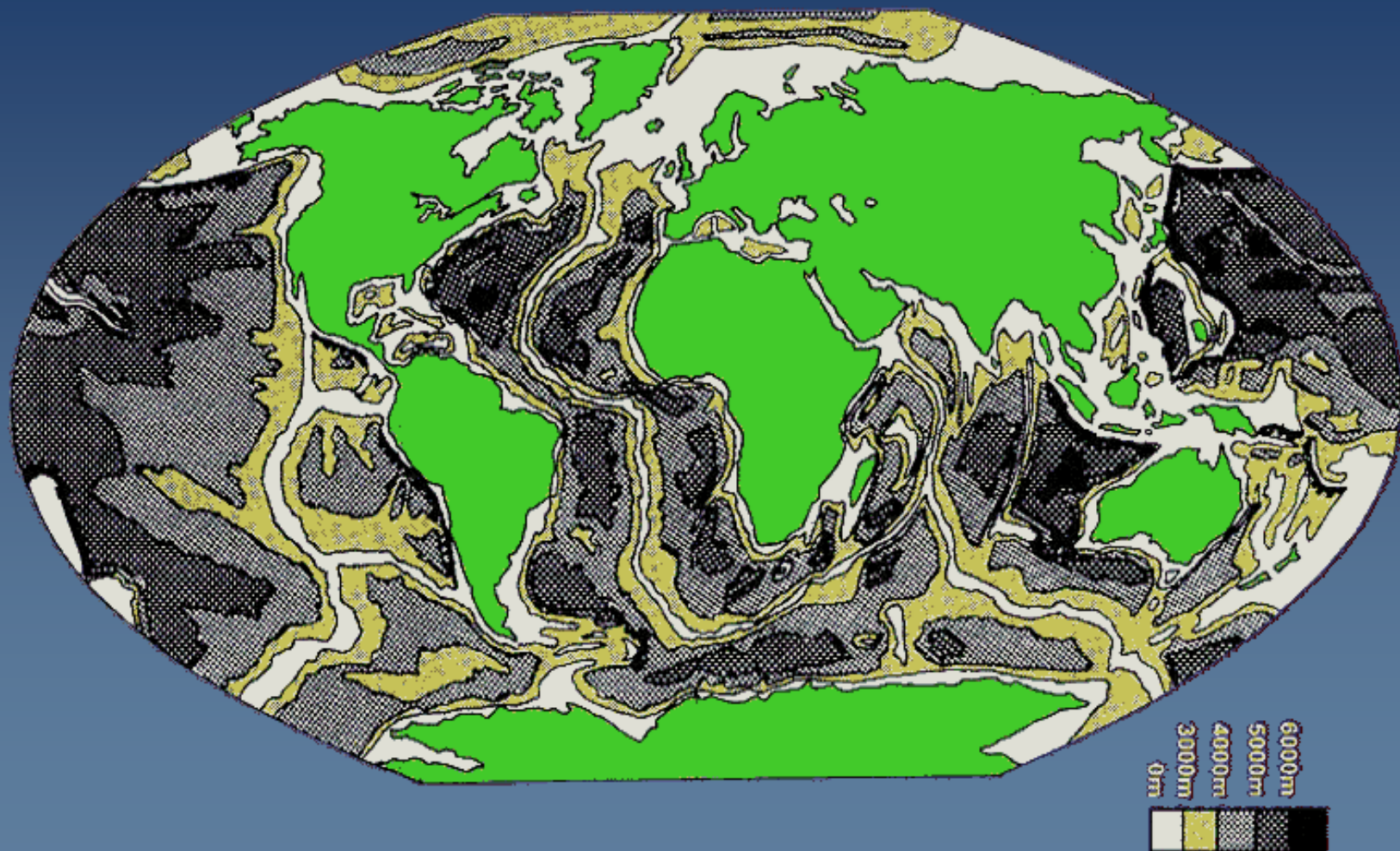
*Sargassum  
natans*



# Otevřené moře



# Nejrozšířenější prostředí na Zemi



# Nejrozšířenější prostředí na Zemi

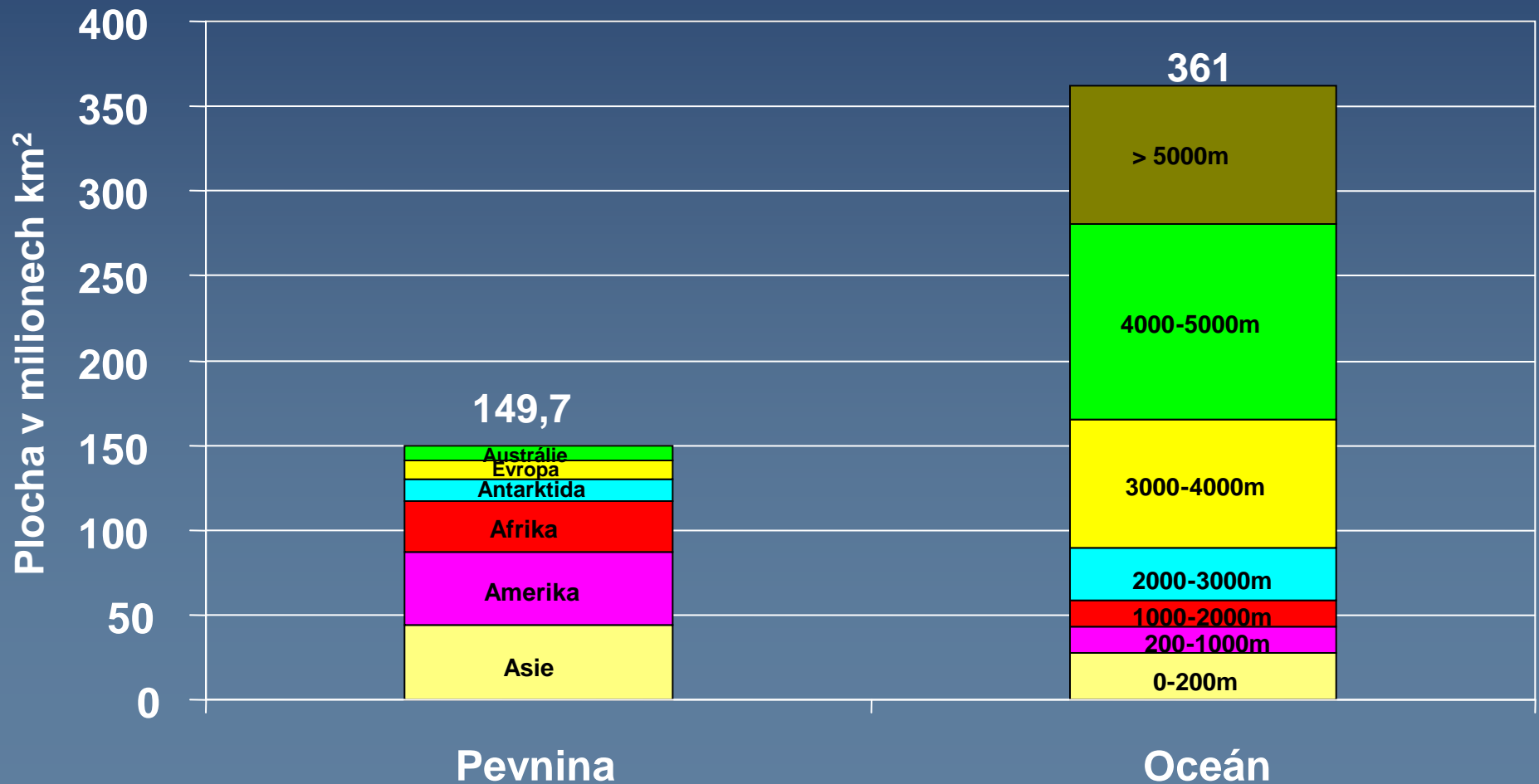
Pevnina

29,2%

Moře o hloubce >1000 m  
> 3000 m

62,3% povrchu Země

50,1%



## Typy habitatu

%

zanedbatelné

Litorální zóny

Kontinentální šelf

Oceánické oblasti

Pevninská úpatí

Středoocéánské hřbety

Pevninské svahy

Hlubokomořské (abysální) roviny

Mořské příkopy

3

97

12

5

36

42

2

**Otevřený oceán zaujímá plochu 361 milionů km<sup>2</sup>, tedy > 70 % povrchu Země**

## Hlubkové intervaly

%

0-1000 m

1-2000 m

2-3000 m

3-4000 m

4-5000 m

5-6000 m

> 6000 m

12

4

7

20

33

23

2

# Produkce mořského ekosystému

- rozdíl proti suchozemským ekosystémům:
  - dominuje produkce jednobuněčných „řas“ a sinic ve fytoplanktonu
  - obvykle **relativně nízké hodnoty primární produkce, vysoké hodnoty sekundární produkce**; někdy se to projeví i v biomase
- rozdíl proti sladkovodním ekosystémům:
  - jiné skupiny primárních producentů
  - lokální limitace stopovým prvkem (**Fe**)
- **produkce volné vody je závislá na přísunu živin**
  - z pevniny (splachy, vítr...)
  - z hlubších vrstev

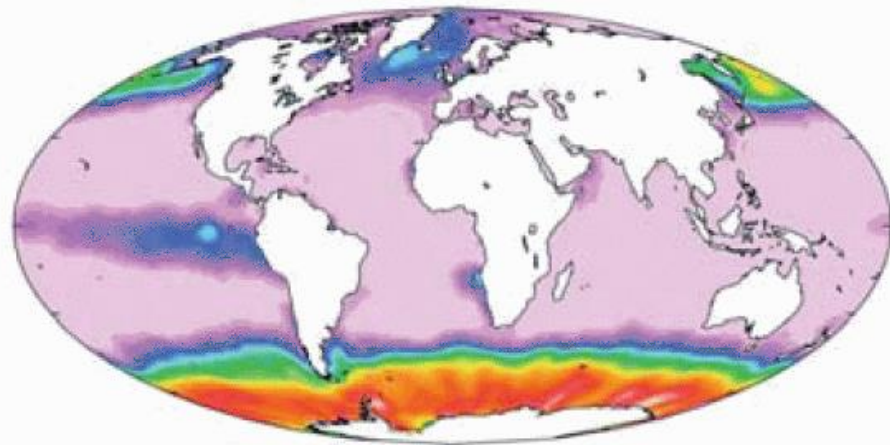
# Živiny v mořích a oceánech

- většina mořského prostředí velmi málo úživná
- **limitující prvky: fosfor, dusík, železo...**
- pobřežní vody obvykle s větším množstvím živin (splach a nálet z pevniny)
- zooplanktoni (a vyšší trofické úrovně) se koncentrují v místech většího výskytu fytoplanktonu
- zásadní pro produktivitu mořského pelagiálu  
**import živin z hypolimnia**
  - **míchání nebo výstupné proudění (upwelling)**

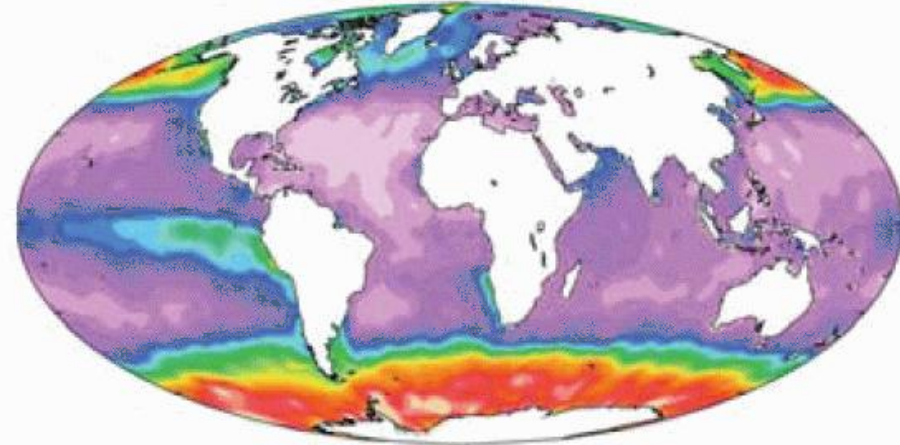
# Dostupnosť limitujúcich prvků

N

P

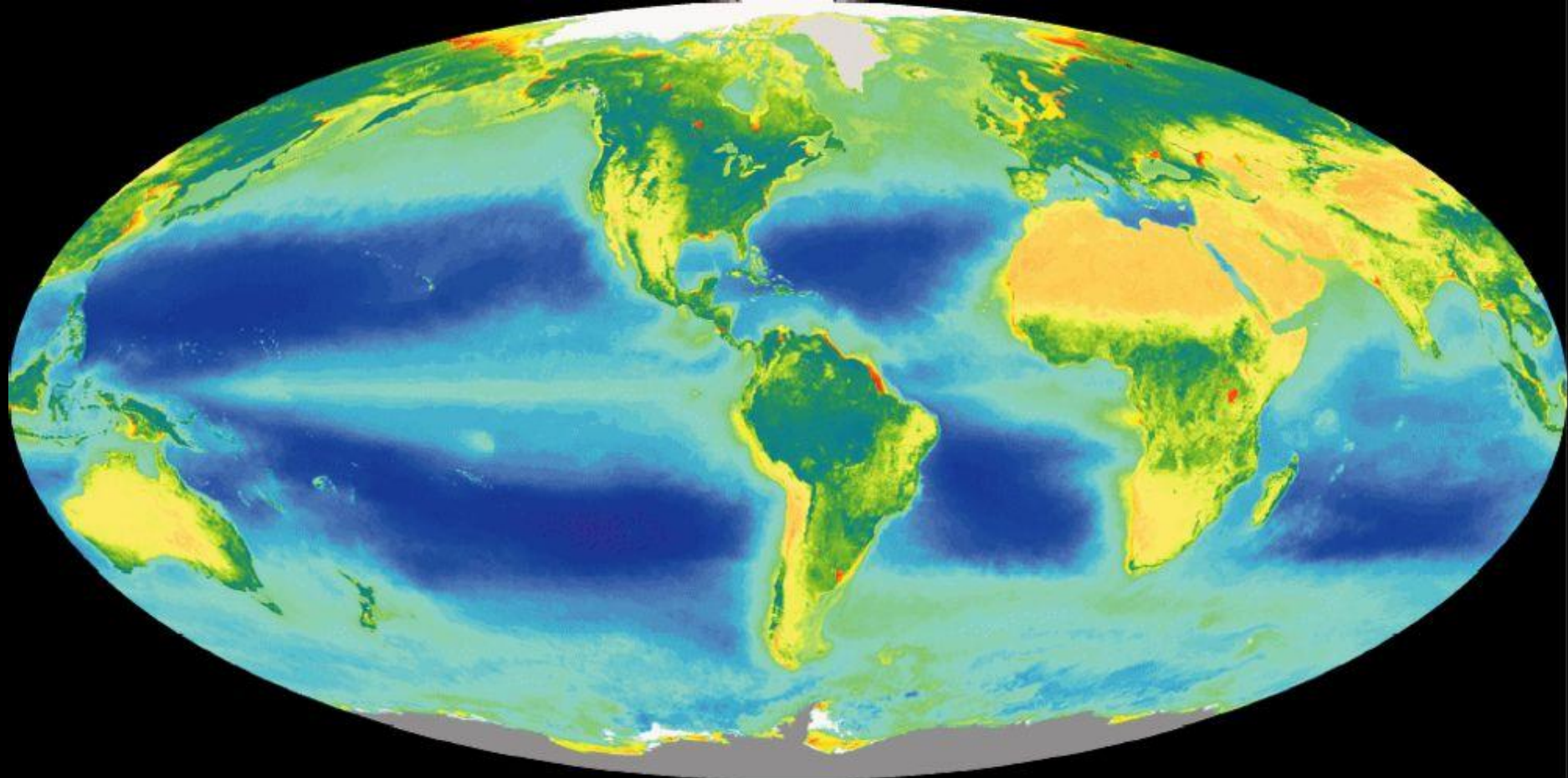


Sea-surface nitrate [ $\text{mmol N m}^{-3}$ ]



Sea-surface phosphate [ $\text{mmol P m}^{-3}$ ]





Oceán: koncentrace chlorofylu *a* ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )

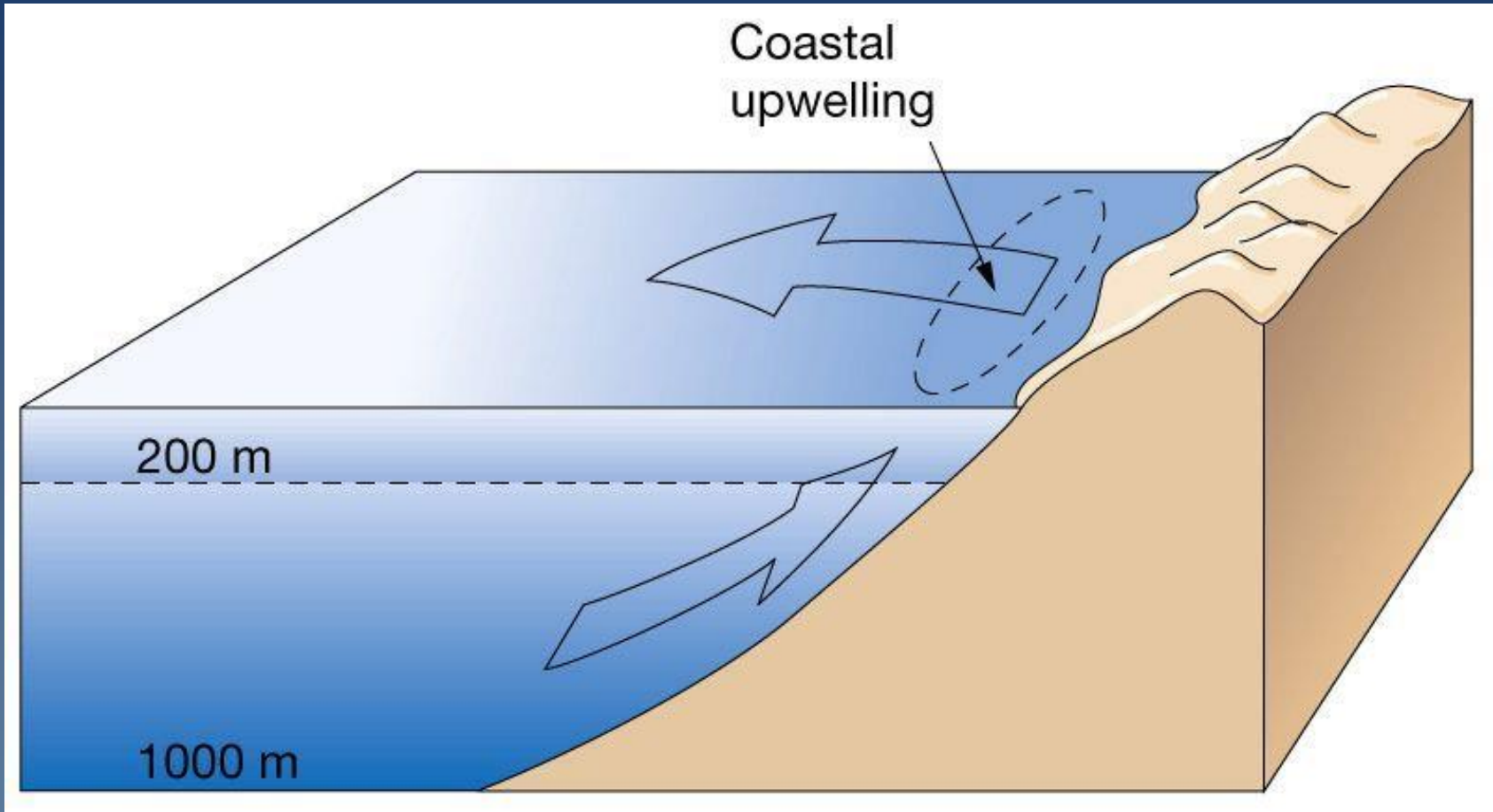


Pevnina: normalizovaný vegetační index

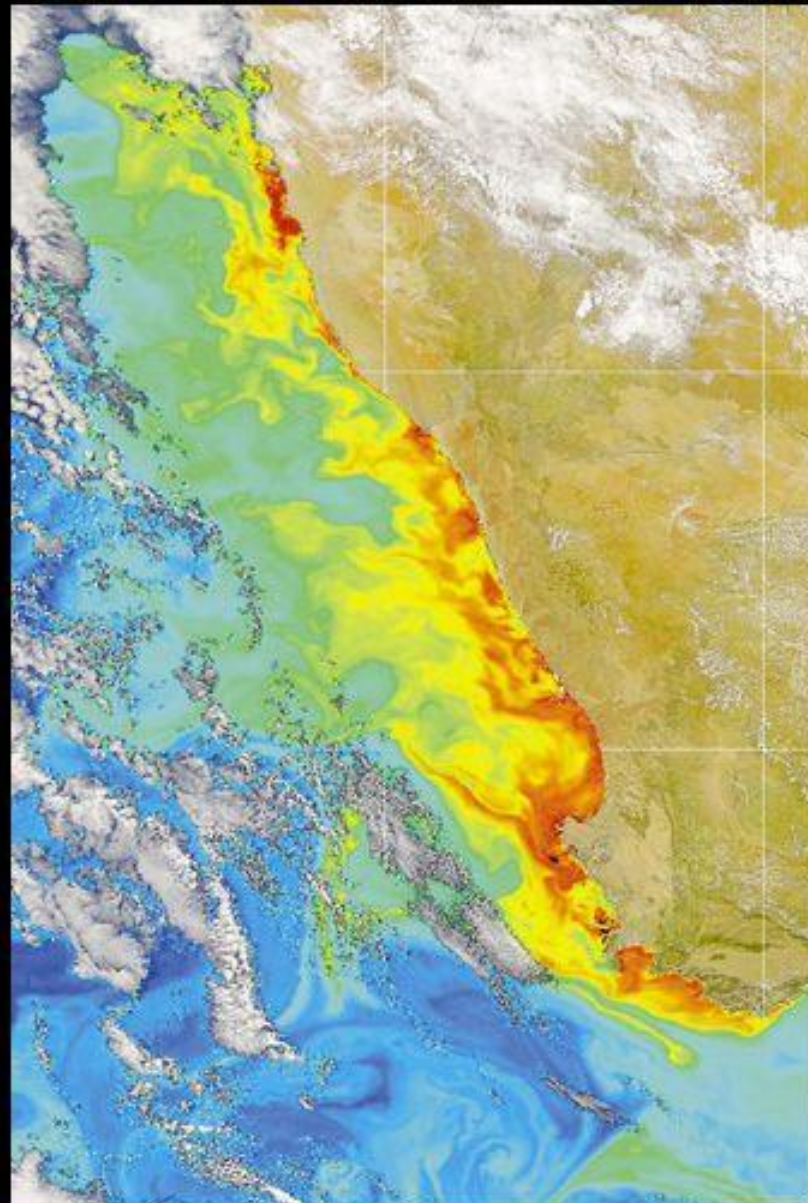




# výstupné proudění (upwelling)

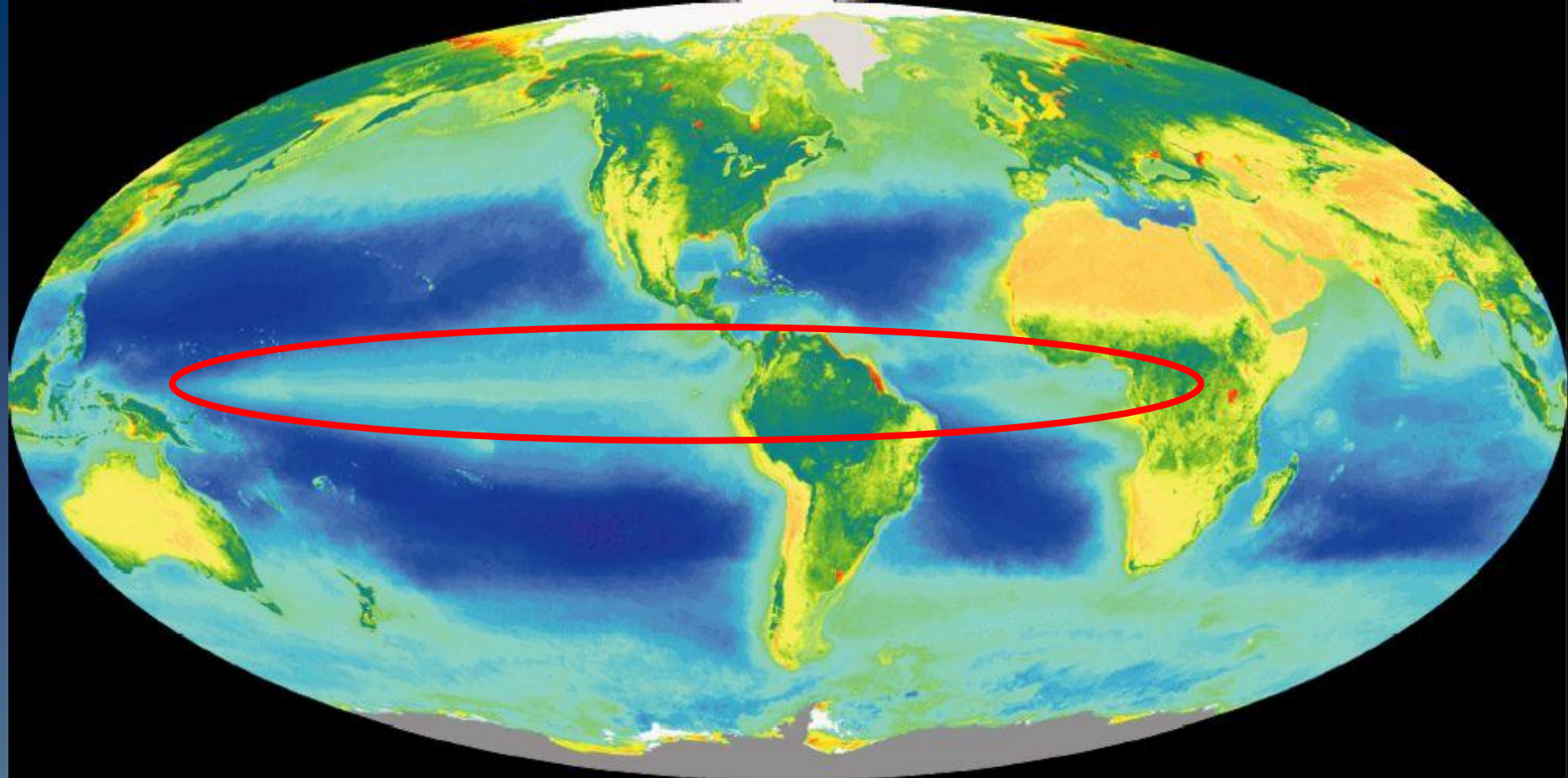


příbřežní výstupné proudění (coastal upwelling)



.01 .02 .03 .05 .1 2 3 5 1 2 3 5 10 15 20 30 50

**Chlorophyll a Concentration**  
**mg/m<sup>3</sup>**

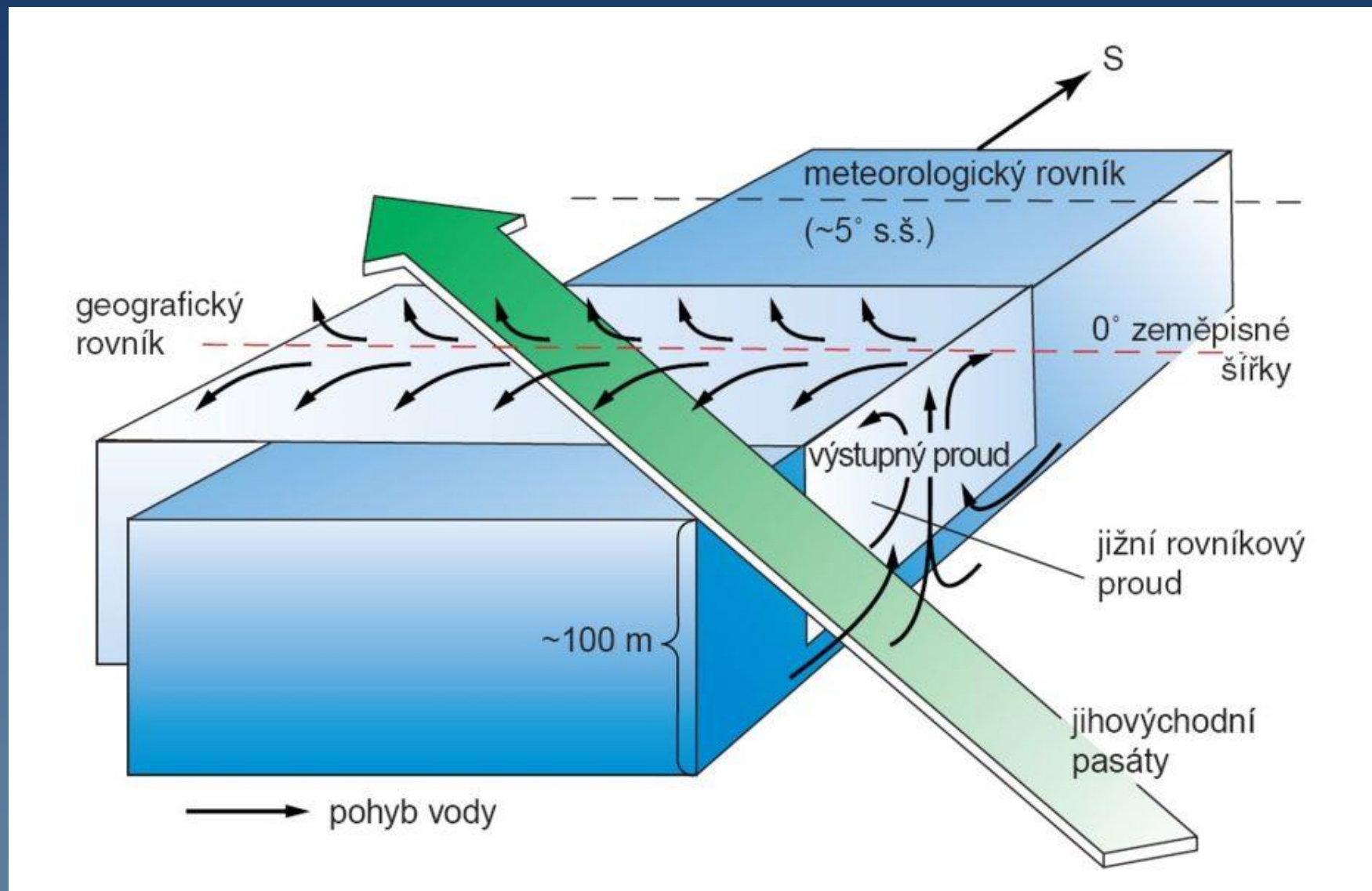


Oceán: koncentrace chlorofylu *a* ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )



Pevnina: normalizovaný vegetační index

# rovníkové výstupné proudění (equatorial upwelling)

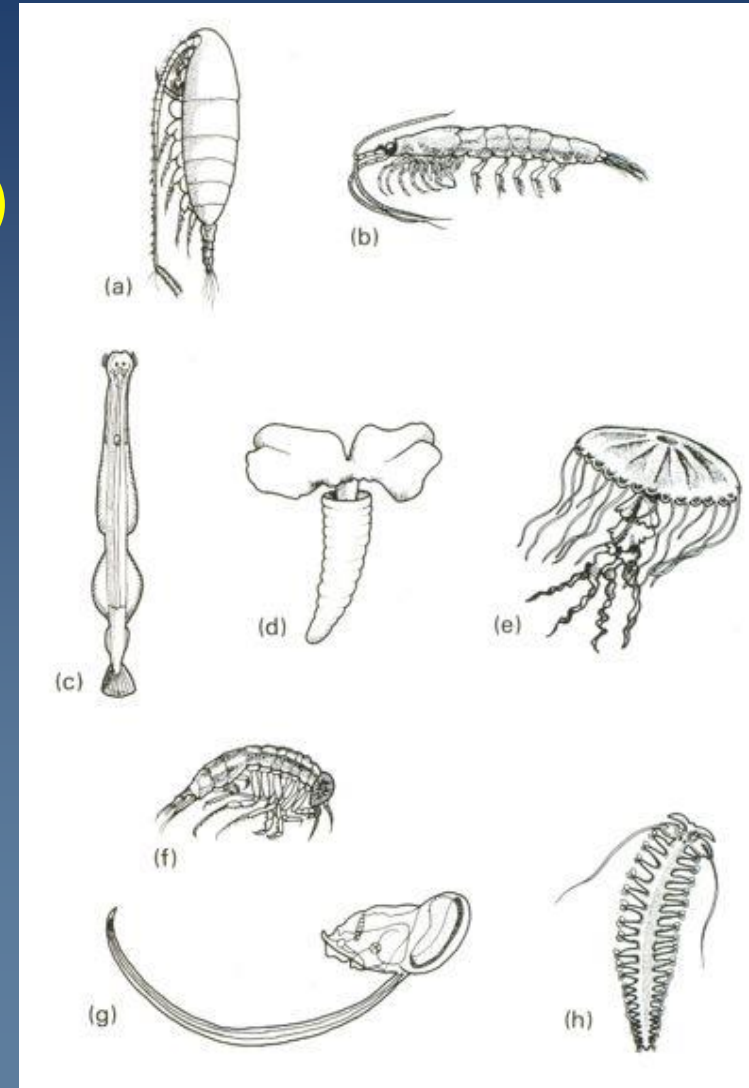


# Producenti otevřeného moře

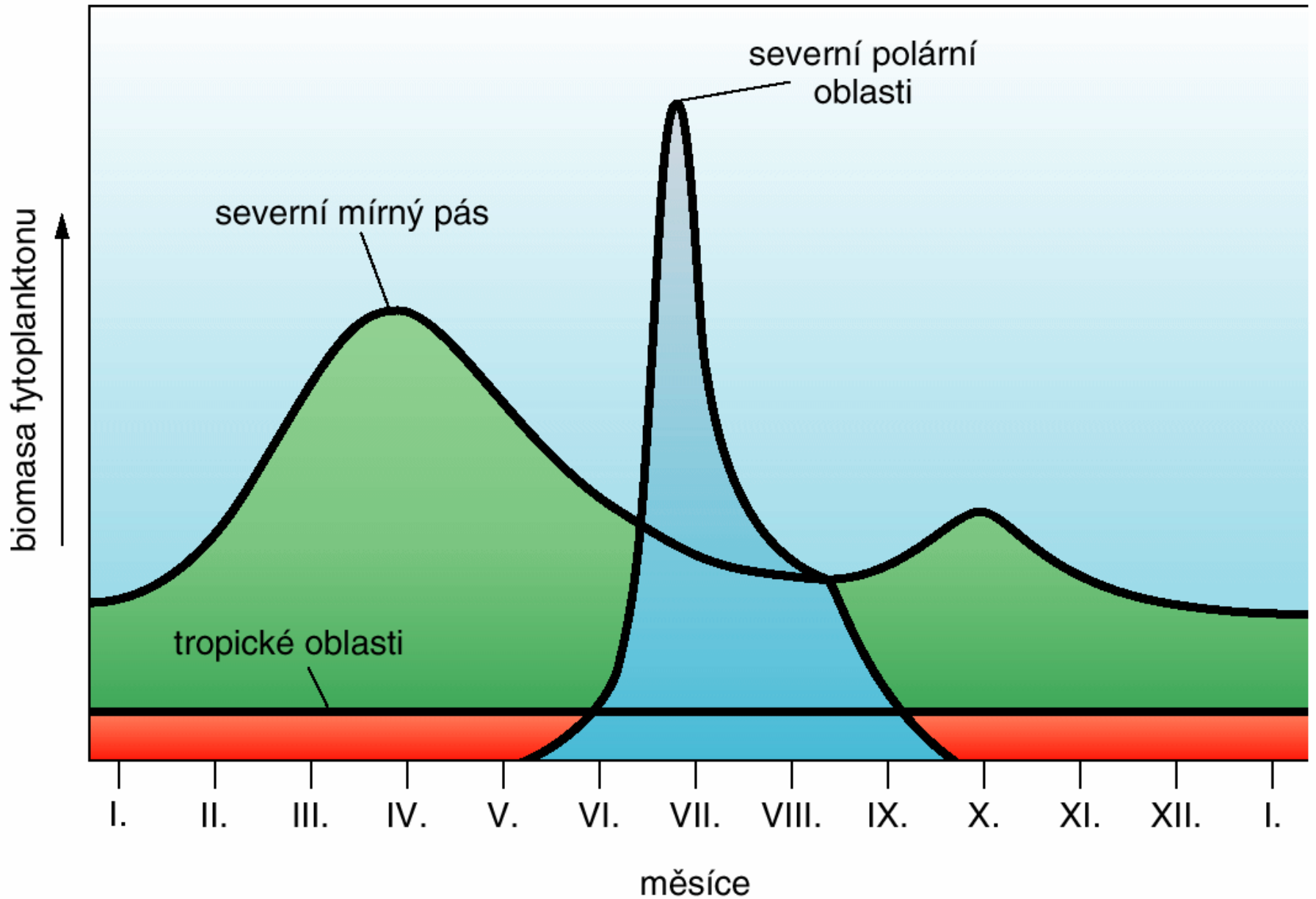
- dominantní skupiny jednobuněčné:
  - rozsivky (Bacillariophyta)
  - pikoplankton (sinice vč. Prochlorophyta)
  - obrněnky (Dinoflagellata)
  - kokolitky (Coccolithophorida)
- pikoplankton tvoří 1 - >90% PP !
- značná část primární produkce otevřeného oceánu končí v mikrobiální smyčce, přesto má ekosystém vysokou ekologickou účinnost

# Vybraní konzumenti otevřeného moře

- jednobuněční:
  - dírkonošci (Foraminifera)
  - mřížovci (Radiolaria a spol.)
- korýši:
  - klanonožci (Copepoda)
  - krunýřovky (Euphausiacea)
- vršenky (Appendicularia)
- dravý zooplankton:
  - ploutvenky
  - planktonní plži – Pteropoda
  - rosolovitý zooplankton

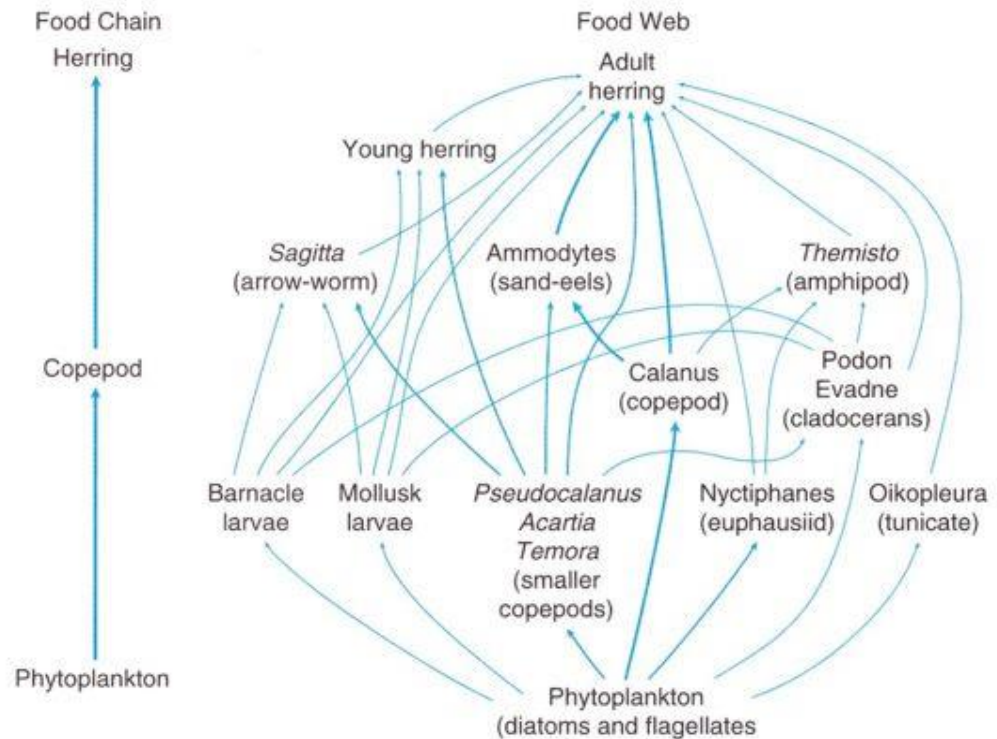
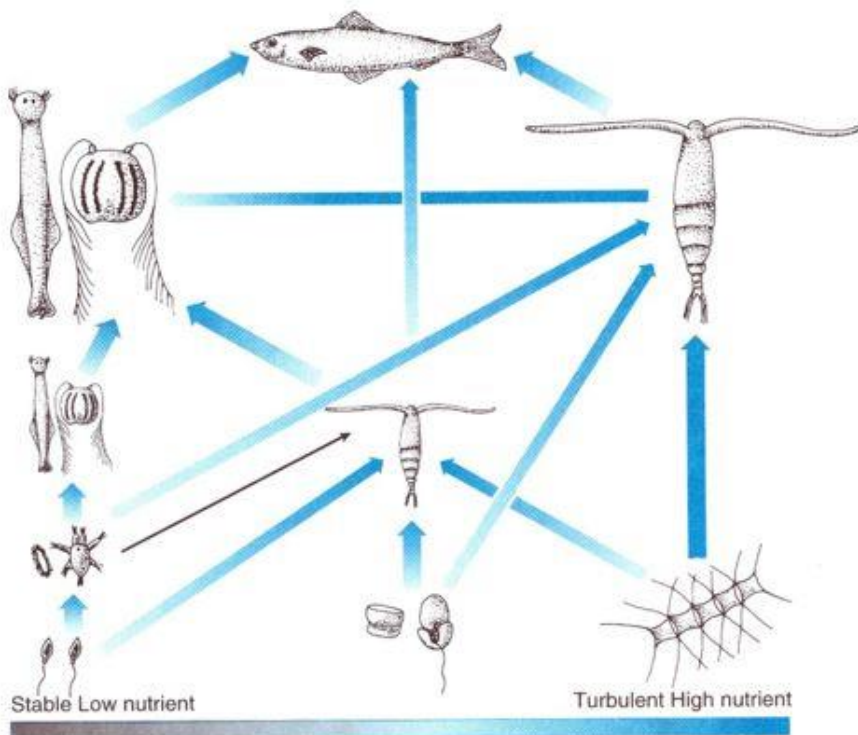


# Sezónní změny primární produkce





# Trofické vztahy v oceánu



# Počty trofických úrovní v různých mořských systémech

## Oceánické vody

Nanoplankton → mikrozooplankton → makrozooplankton → megazooplankton → zooplanktivorní nekton → nektivorní nekton

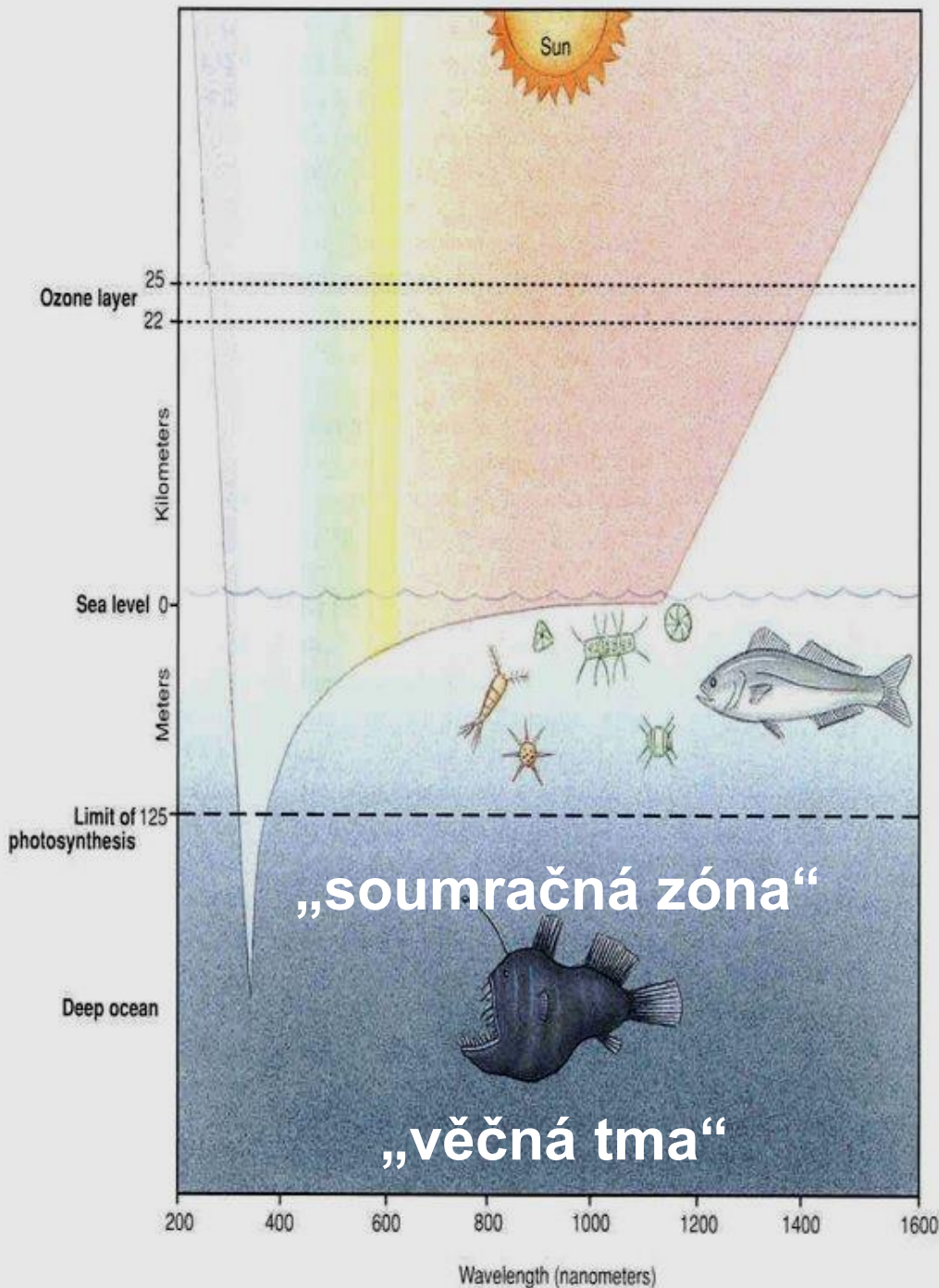
## Neritické (šelfové) vody

Mikrofytoplankton → makrozooplankton → zooplanktivorní nekton → nektivorní nekton

## Oblast výstupného proudění

Makrofytoplankton → planktivorní nekton nebo megazooplankton  
→ nektivorní nekton nebo  
→ planktivorní velryby

# Vertikální gradienty v mořském prostředí



světlo

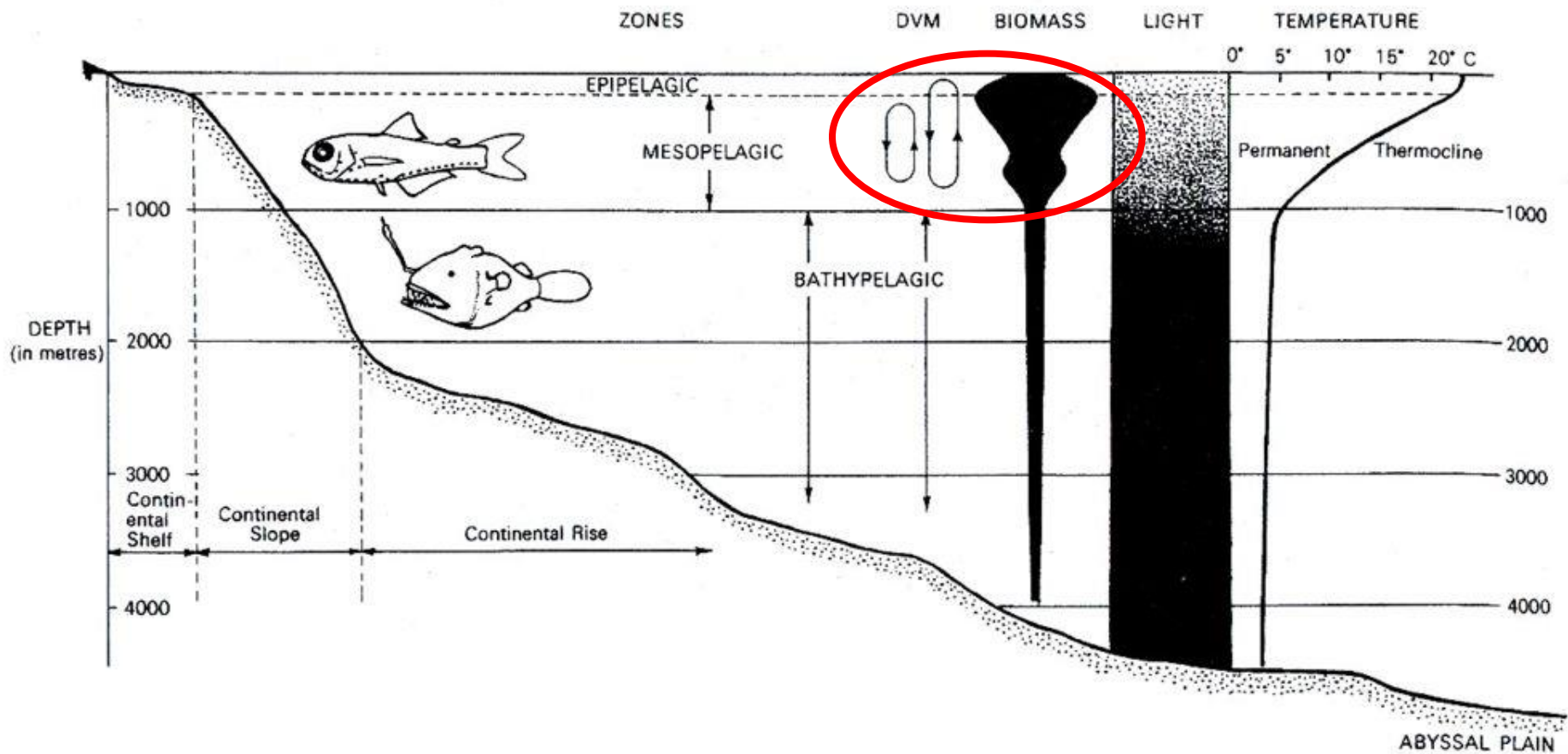
tlak

teplota, zdroje potravy

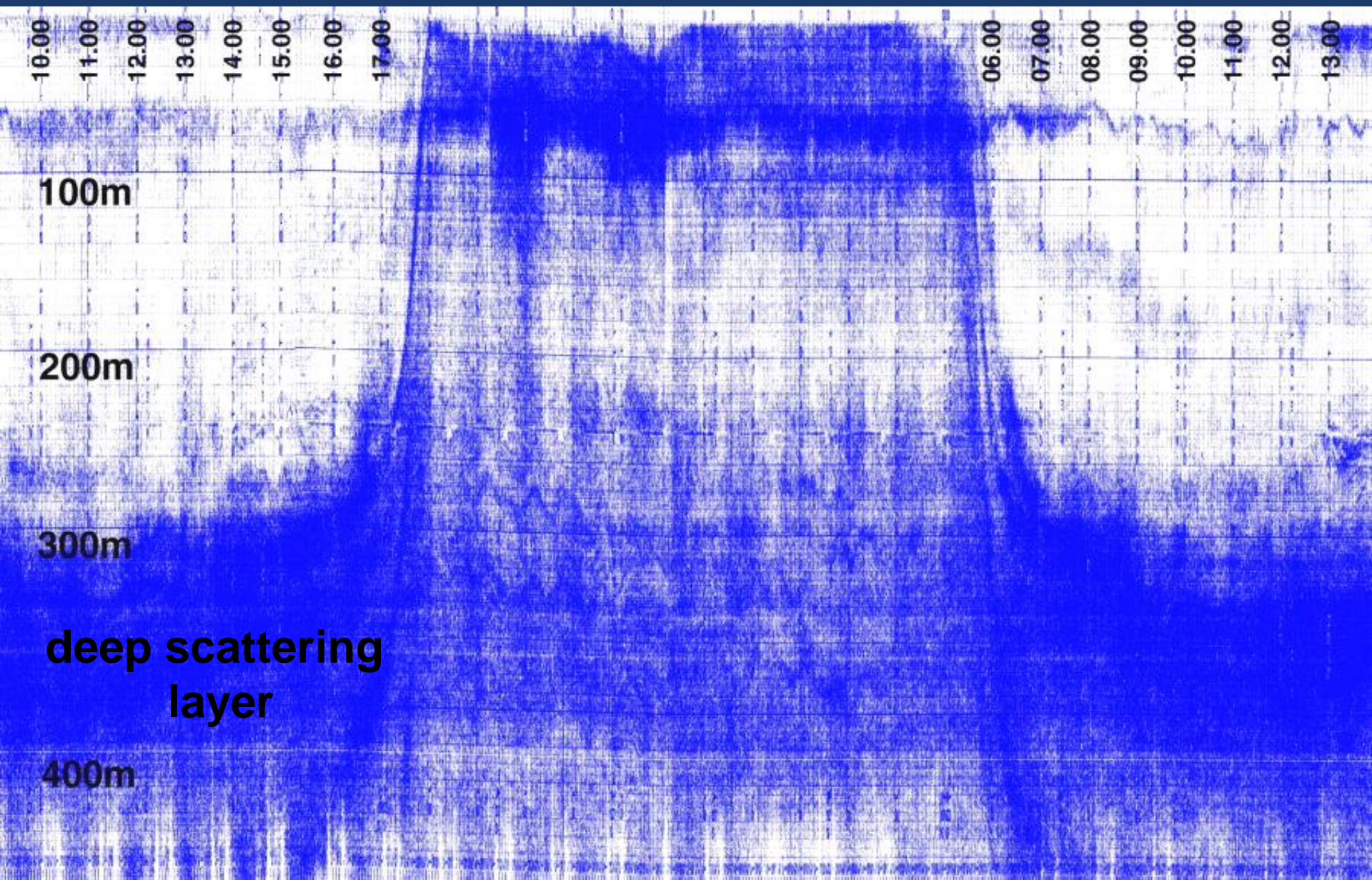
živiny

kyslík

# Vertikální gradienty teploty, světla a biomasy organismů



# Vertikální migrace v moři, DSL



# Vertikální migrace v moři, DSL

denní doba →



poledne

hladina  
moře

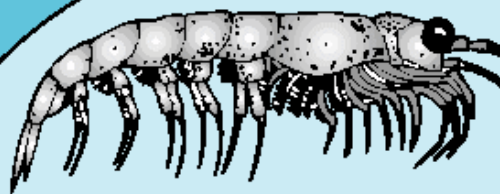
půlnoc

poledne

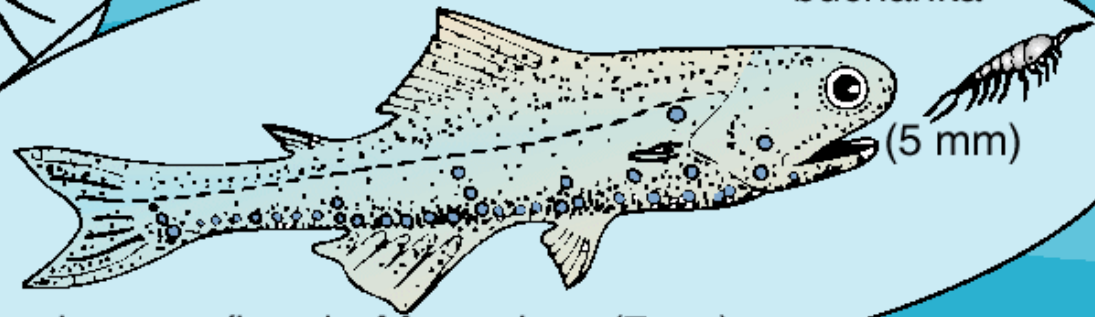
HLUBINNÁ ODRAZOVÁ VRSTVA

500 m

1000 m



krunýřovka  
(2 cm)



buchanka

(5 mm)

lampovnik rodu *Myctophum* (7 cm)

# Adaptace na hlubinný život

## Soumračná zóna (mezopelagiál)

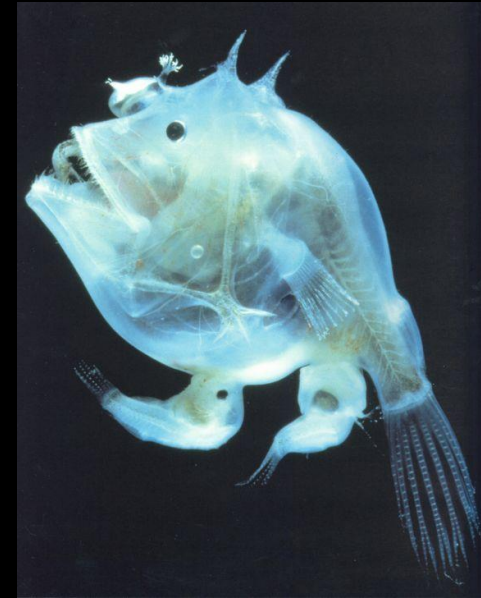
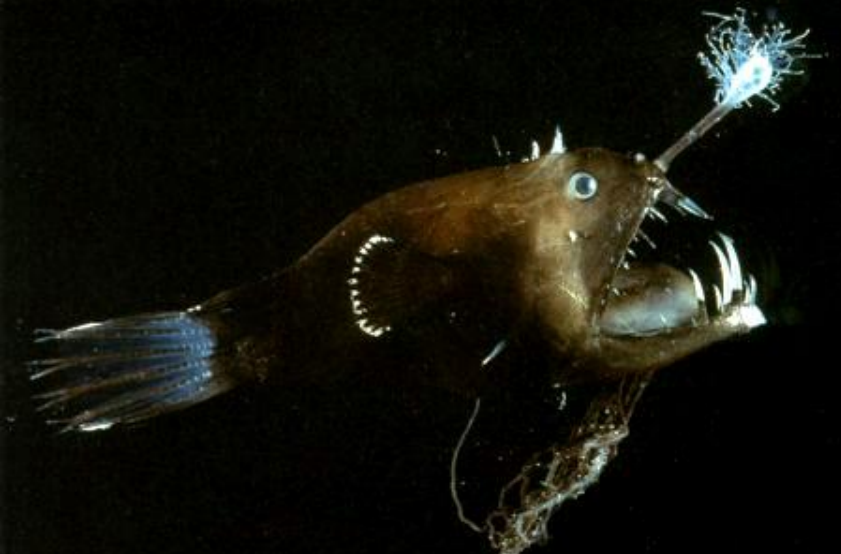
- „neviditelnost“ (vhodné zbarvení nebo „protistín“)
- **dobrý zrak**
- **diurnální vertikální migrace**
- **bioluminiscence**

## Zóna tmy (spodní batypelagiál)

- **stavba těla odolná vysokému hydrostatickému tlaku**  
(redukce nebo zpevnění plynových komor)
- **rozvinutá mechano- a chemorecepce**
- **pomalý metabolismus** – efektivní využití energie  
(dravci: schopnost sežrat extrémně velkou kořist)
- **bizarní sex**

# Zbarvení hlubokomořských živočichů

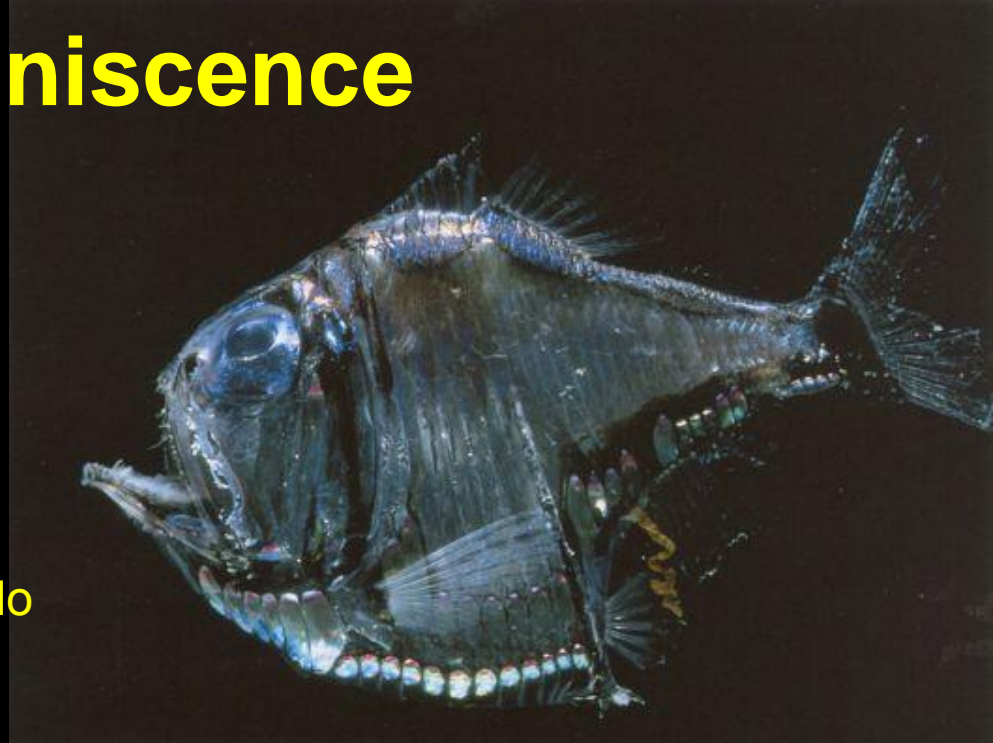
- **soumračná zóna:** tmavé nebo červené průhledná těla
- **hlubokomořské prostředí:** ztráta pigmentace (často i zraku)





# Bioluminescence

- přes 80% hlubokomořských živočichů schopno vydávat světlo
- vlastní mechanismus nebo symbiotické bakterie
- oxidace substrátu luciferinu pomocí enzymu luciferázy
- obvykle modravé nebo žlutozelené světlo
  
- důvody: lákáni kořisti  
ochranné osvětlení (protistín)  
ochrana proti predátorům  
vnitrodruhová komunikace...

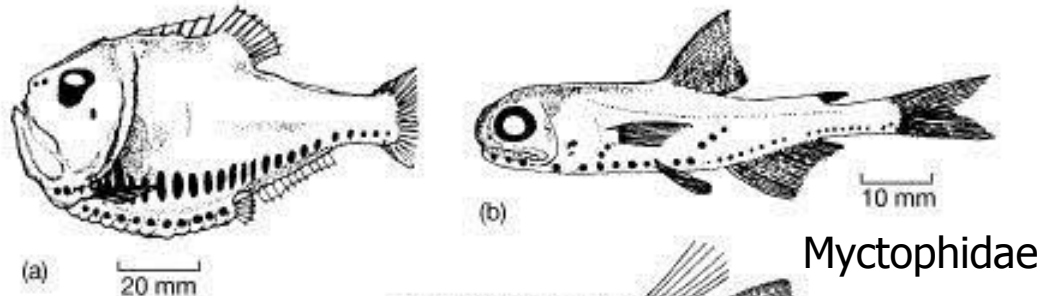


stříbrnáč Olfersův (*Argylopleucus olfersi*): „protistín“

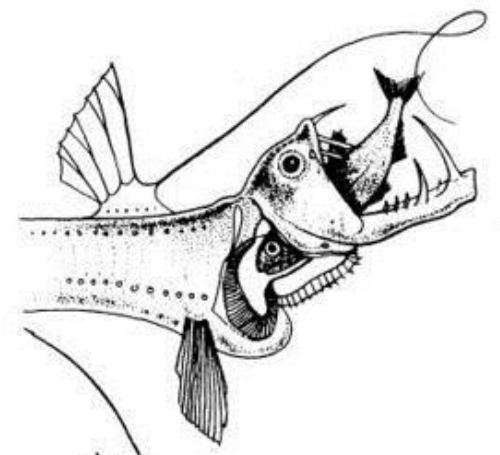
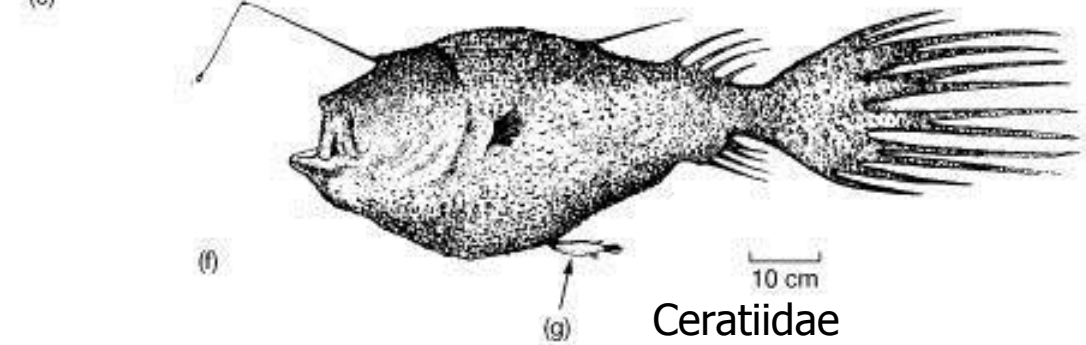
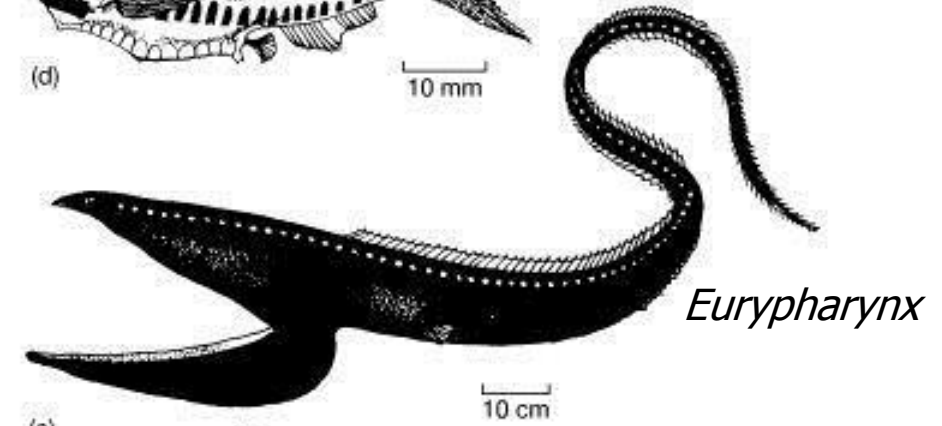
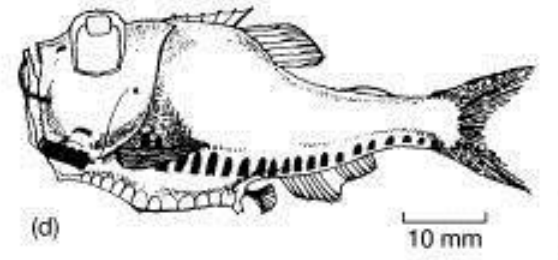
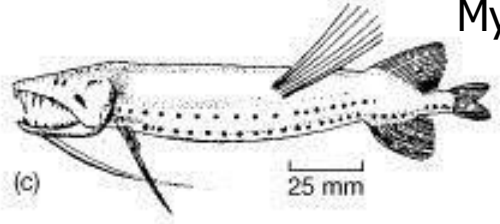


bradovous (*Linophryne*): lov kořisti

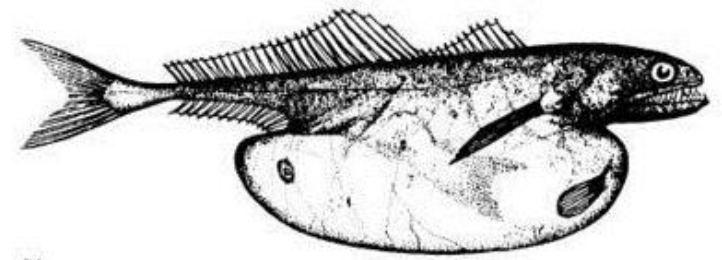
# Dravci v hlubinách



## Sternoptychidae



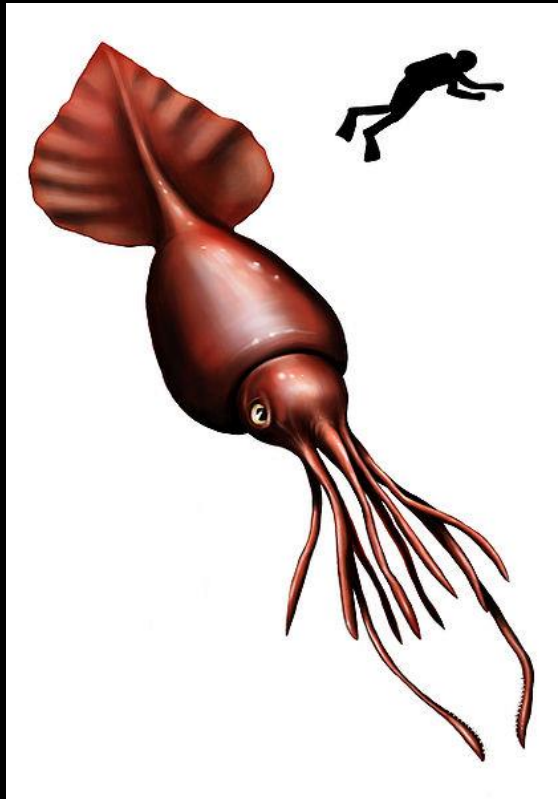
## *Chauliodus*



## *Chiasmodon*

# Největší predátoři hlubin:

## *Mesonychoteuthis hamiltoni*



## *Architeuthis*



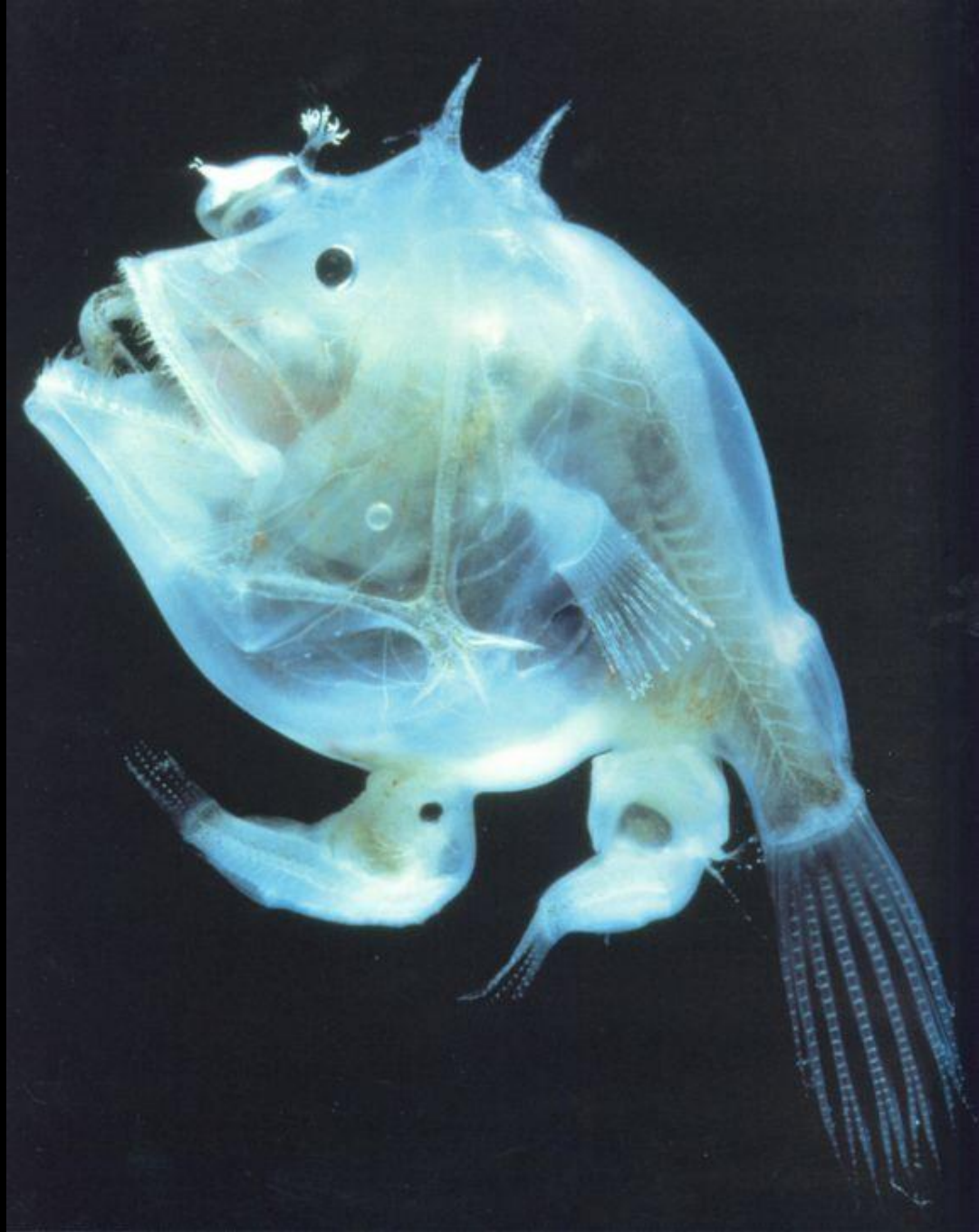
30. 9. 2004: hloubka 900 m

Kubodera & Mori, *Proc. R. Soc. B* 2005

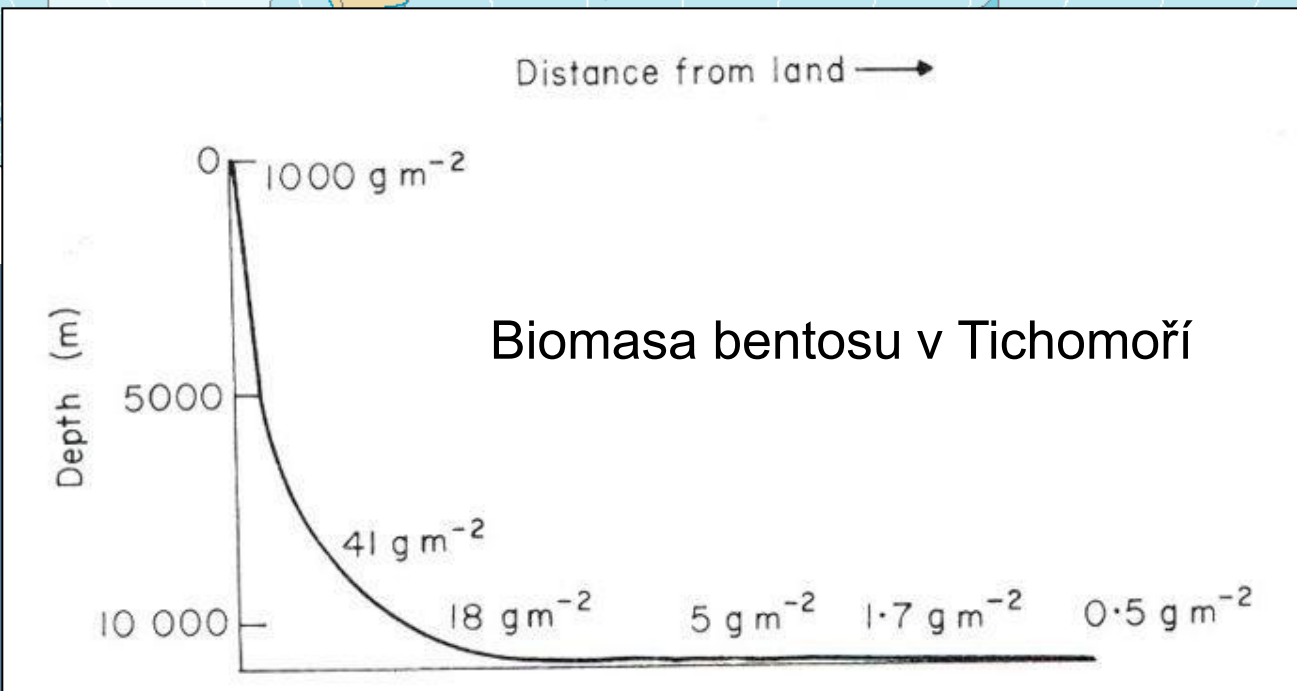
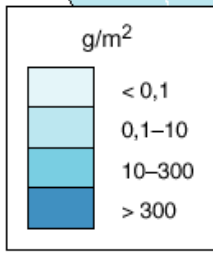
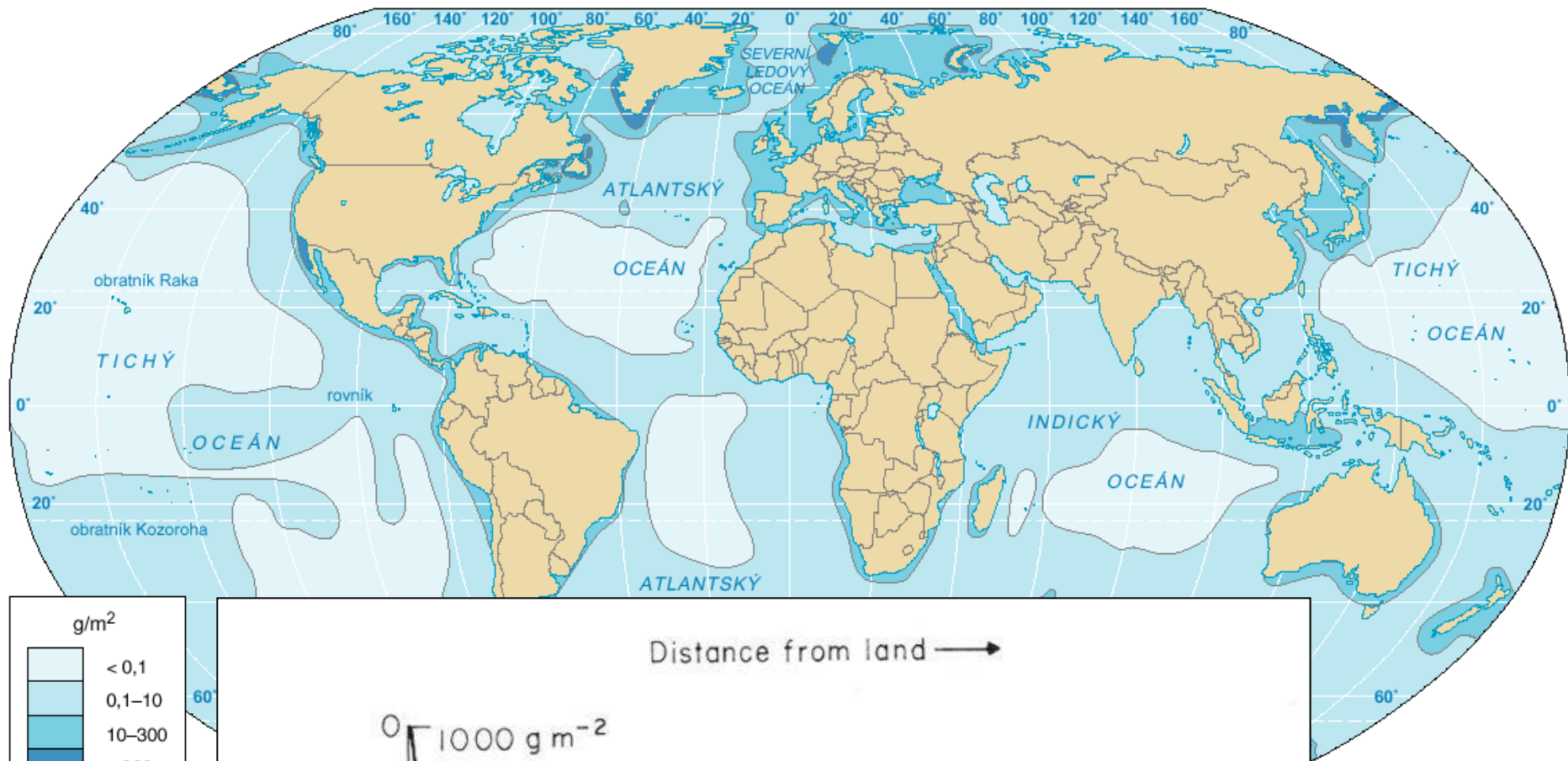


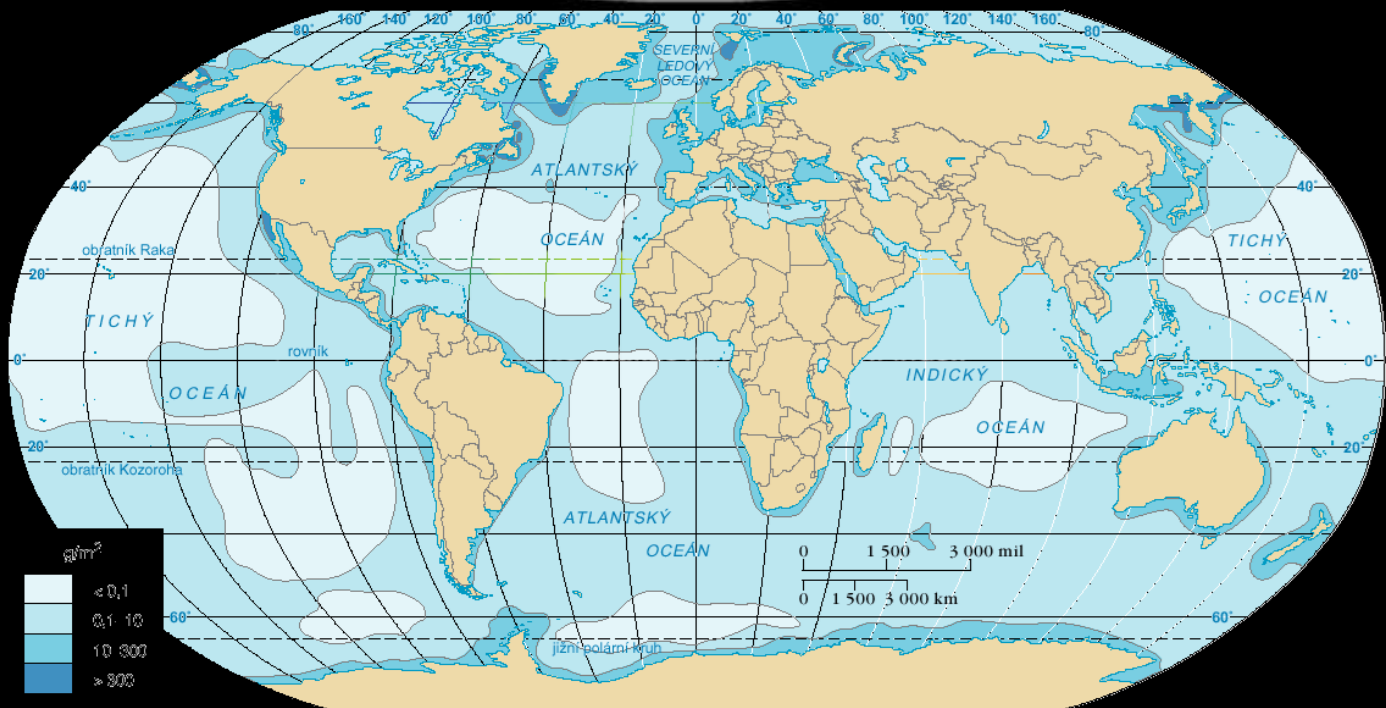
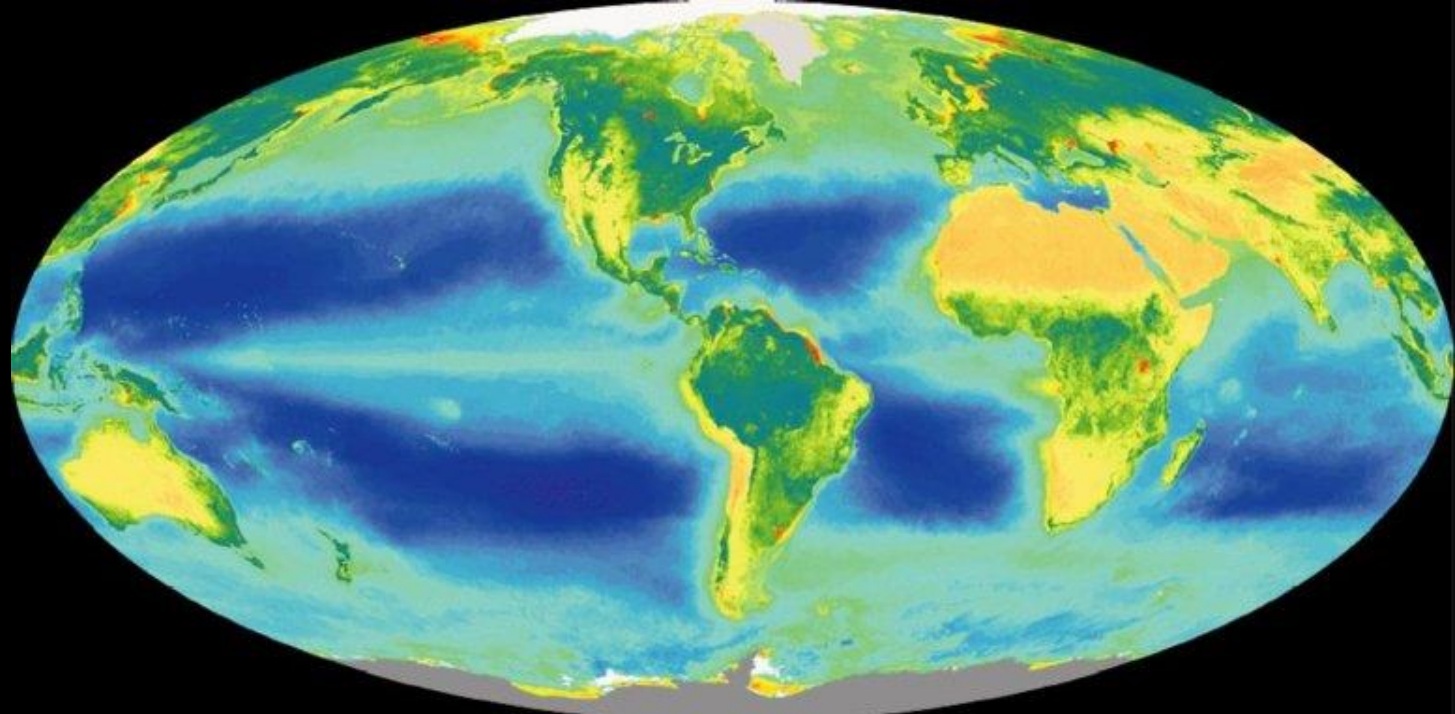
# Sex o samotě ve tmě

- hermafroditismus
- parazitíční samečci

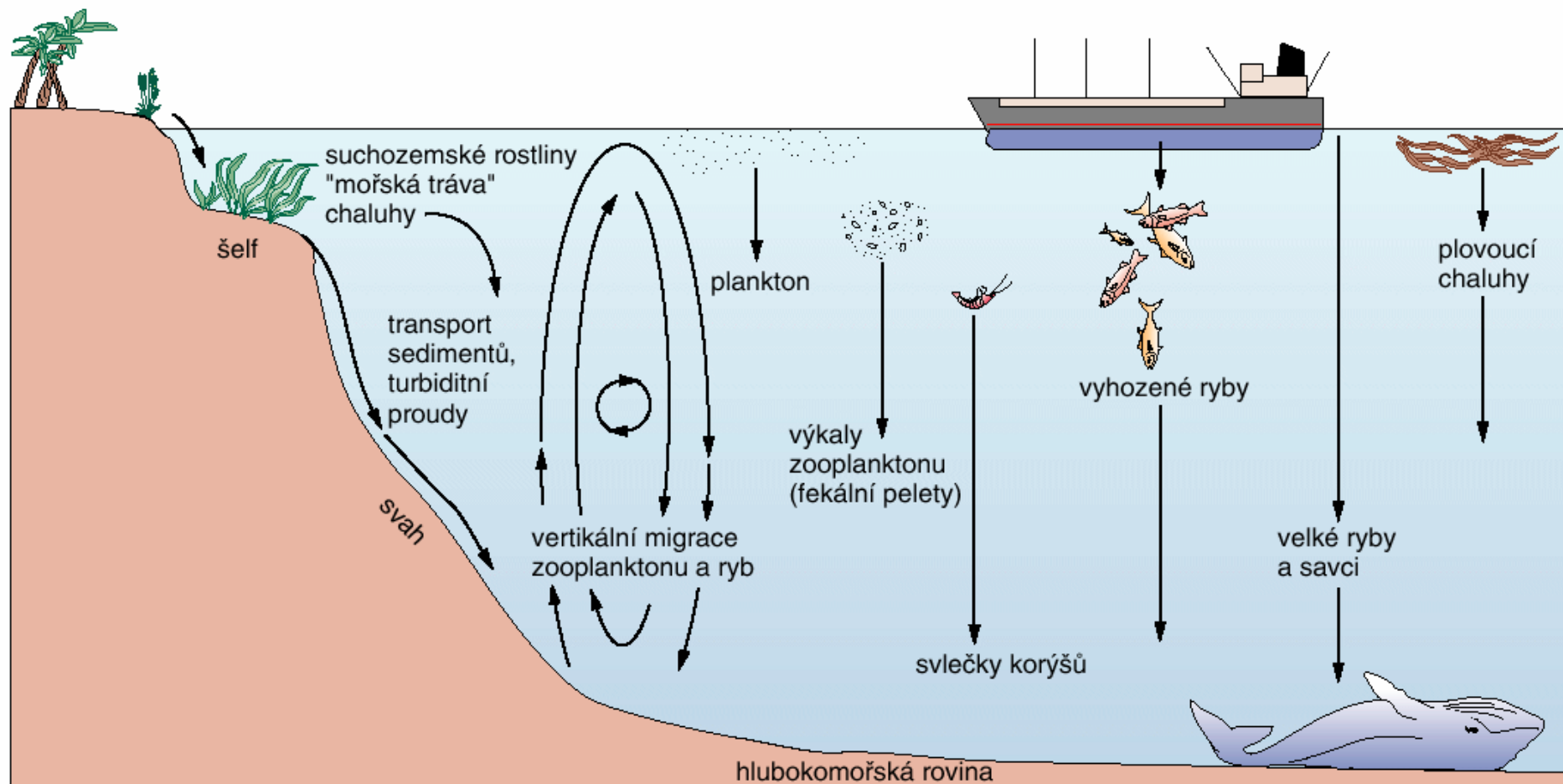


samice r. *Haplophryne* se dvěma přísátými samečky

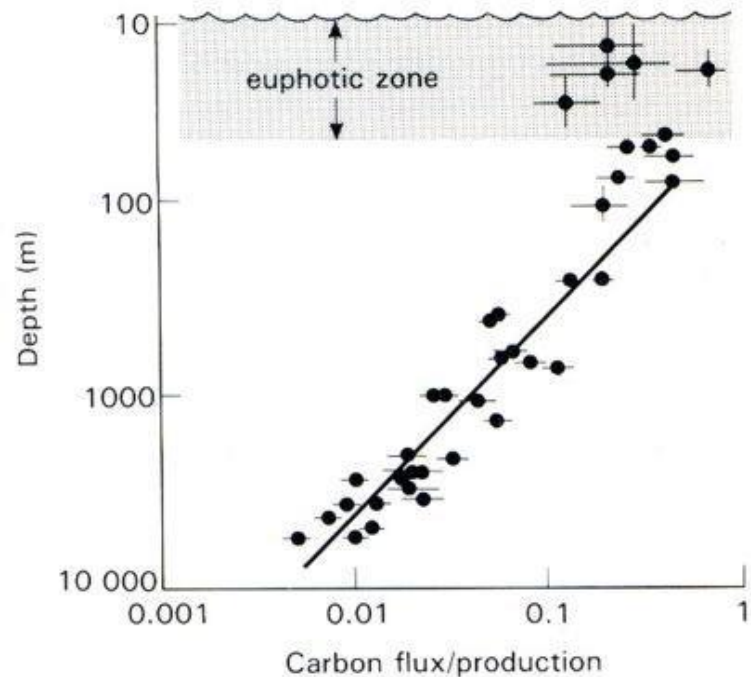




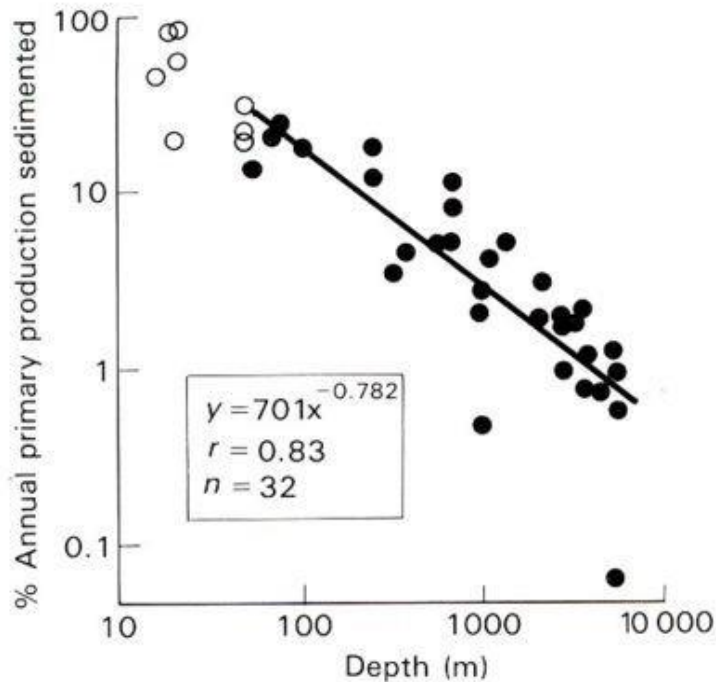
# Zdroje potravy pro hlubokomořská společenstva



postupná spotřeba/rozklad  
organické hmoty během  
sedimentace



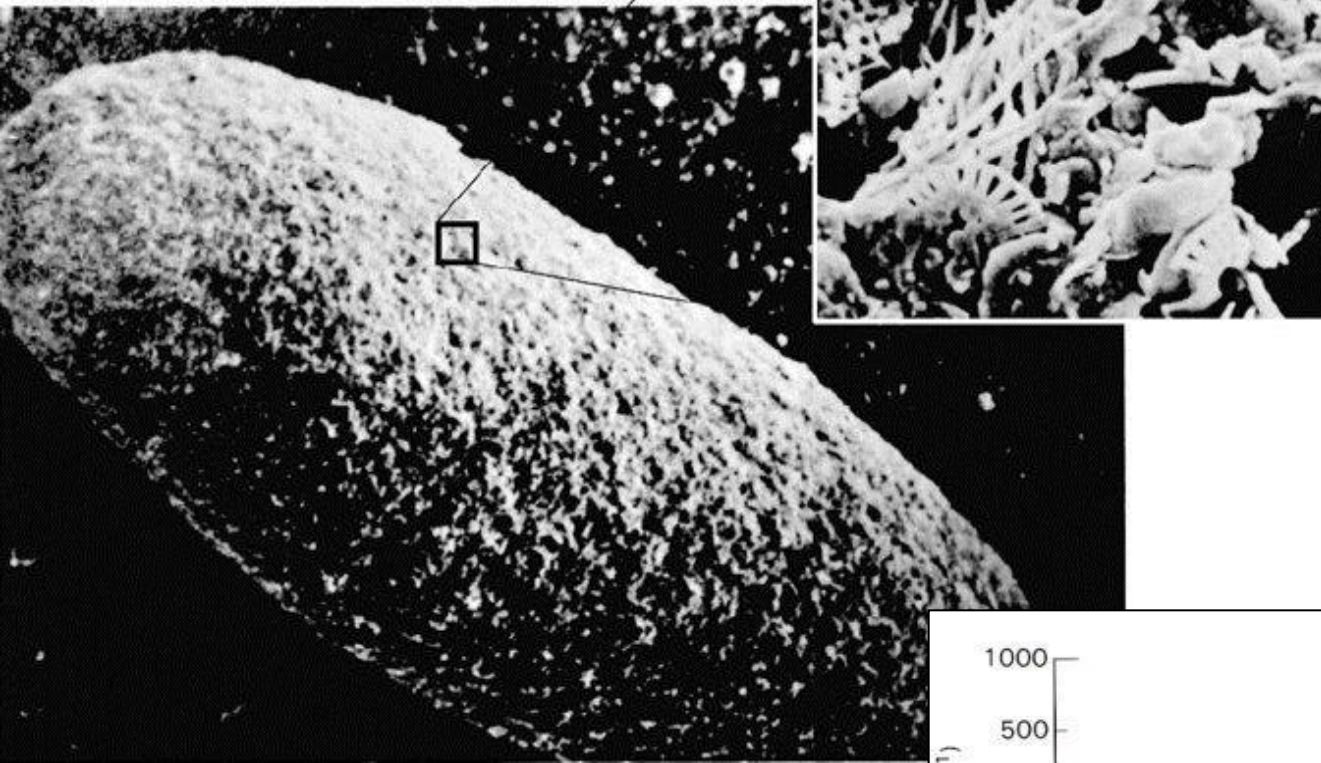
pouze 2-7 % povrchové  
produkce dosáhne  
hlubokomořského dna



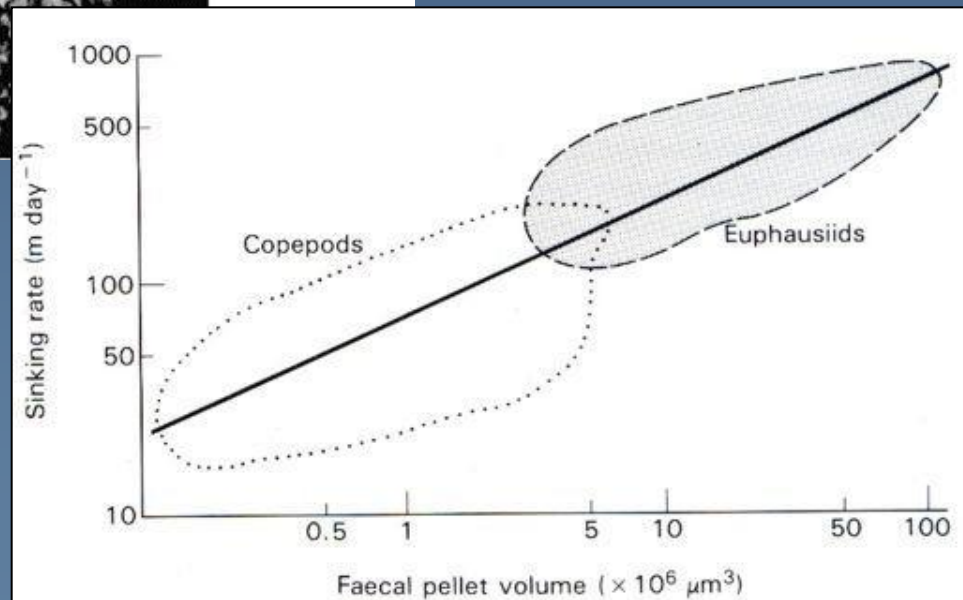
šelfová moře: 30-50 %



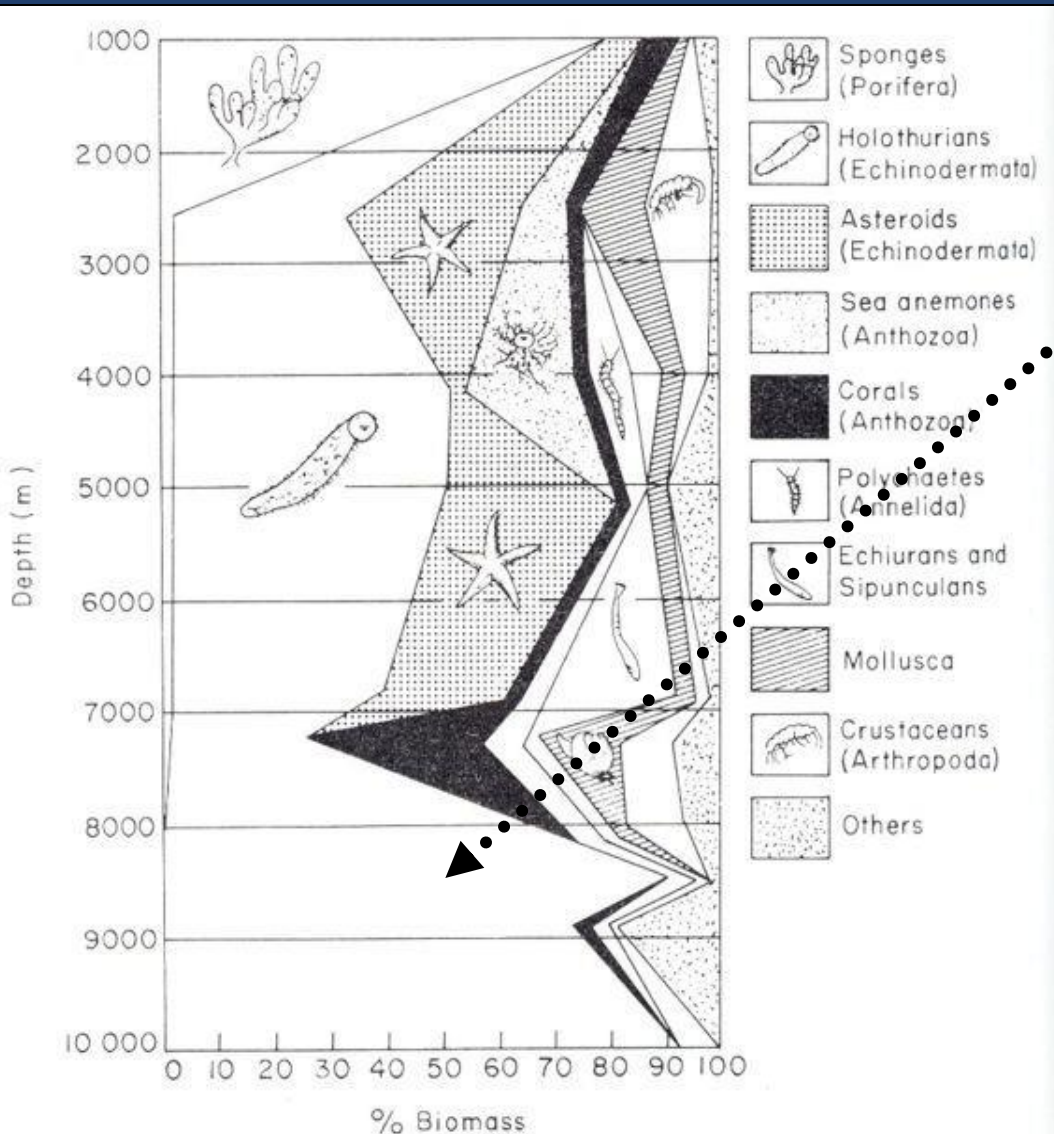
# Fekální pelety



rychlost klesání je  
úměrná objemu bobku



# Kdo to vlastně žere?



V biomase fauny dominují „požírači kalu“ a filtrátoři

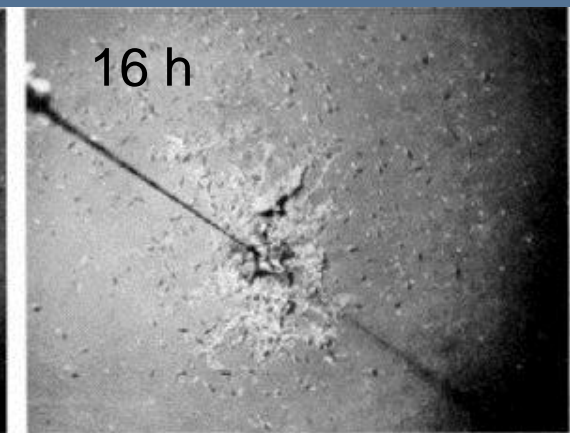
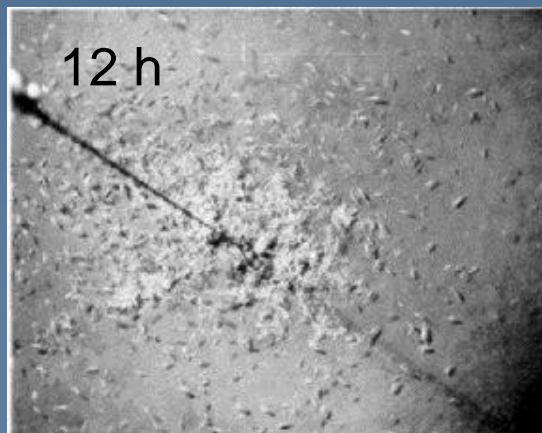
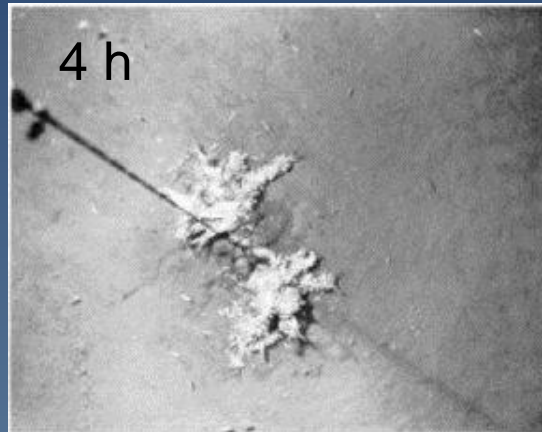
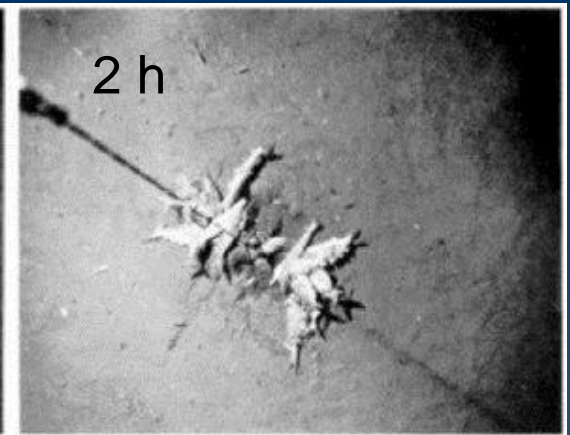
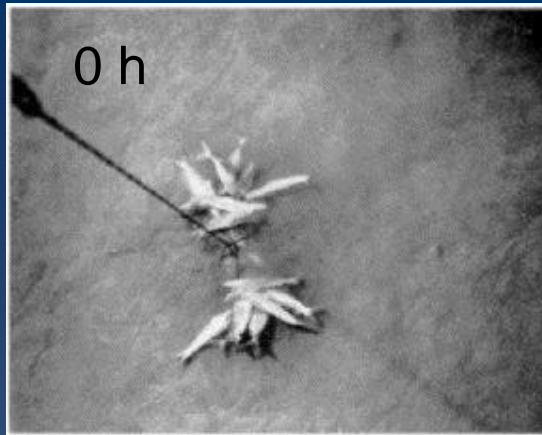
sumýši tvoří 90 % biomasy hlubokomořských příkopů



# Mršiny:

bohaté, ale  
nepredikova-  
telné zdroje

ryby  
různonožci  
polokrabi



Whale fall



# Whale fall

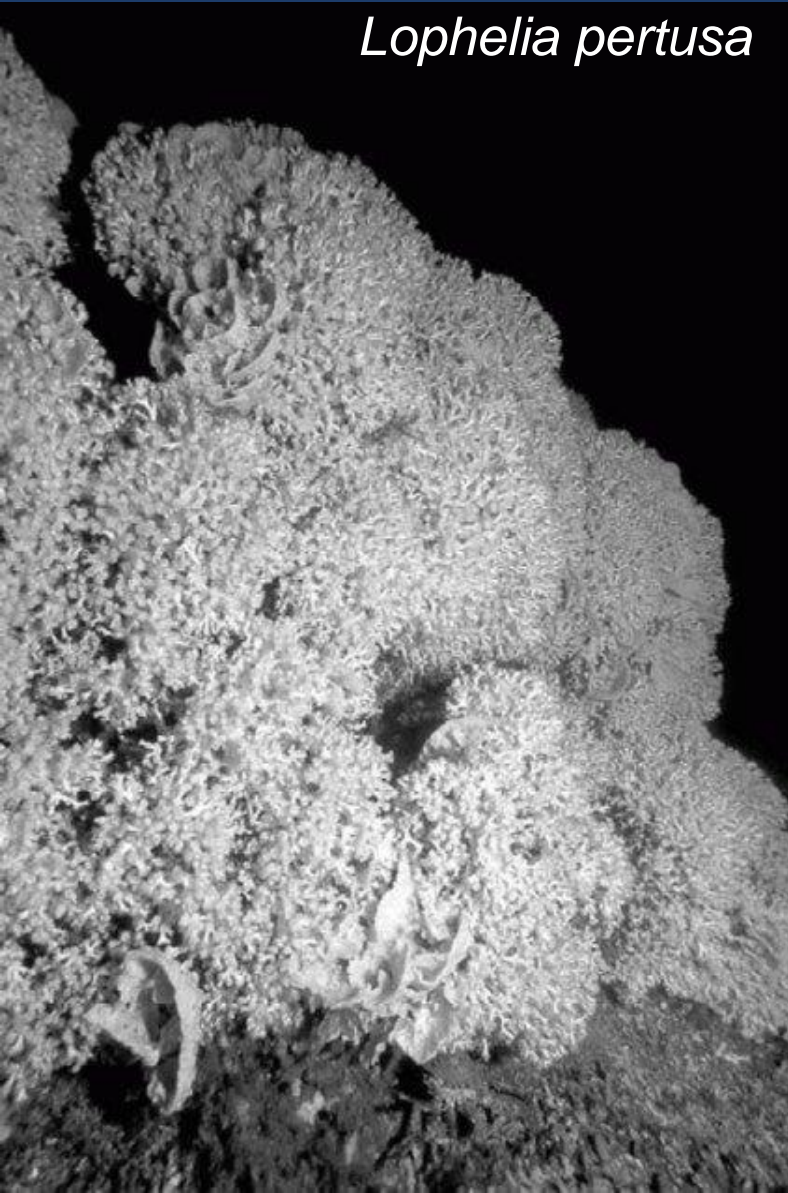


*Osedax* sp.: symbióza s bateriemi rozkládajícími kost  
trpasličí samci

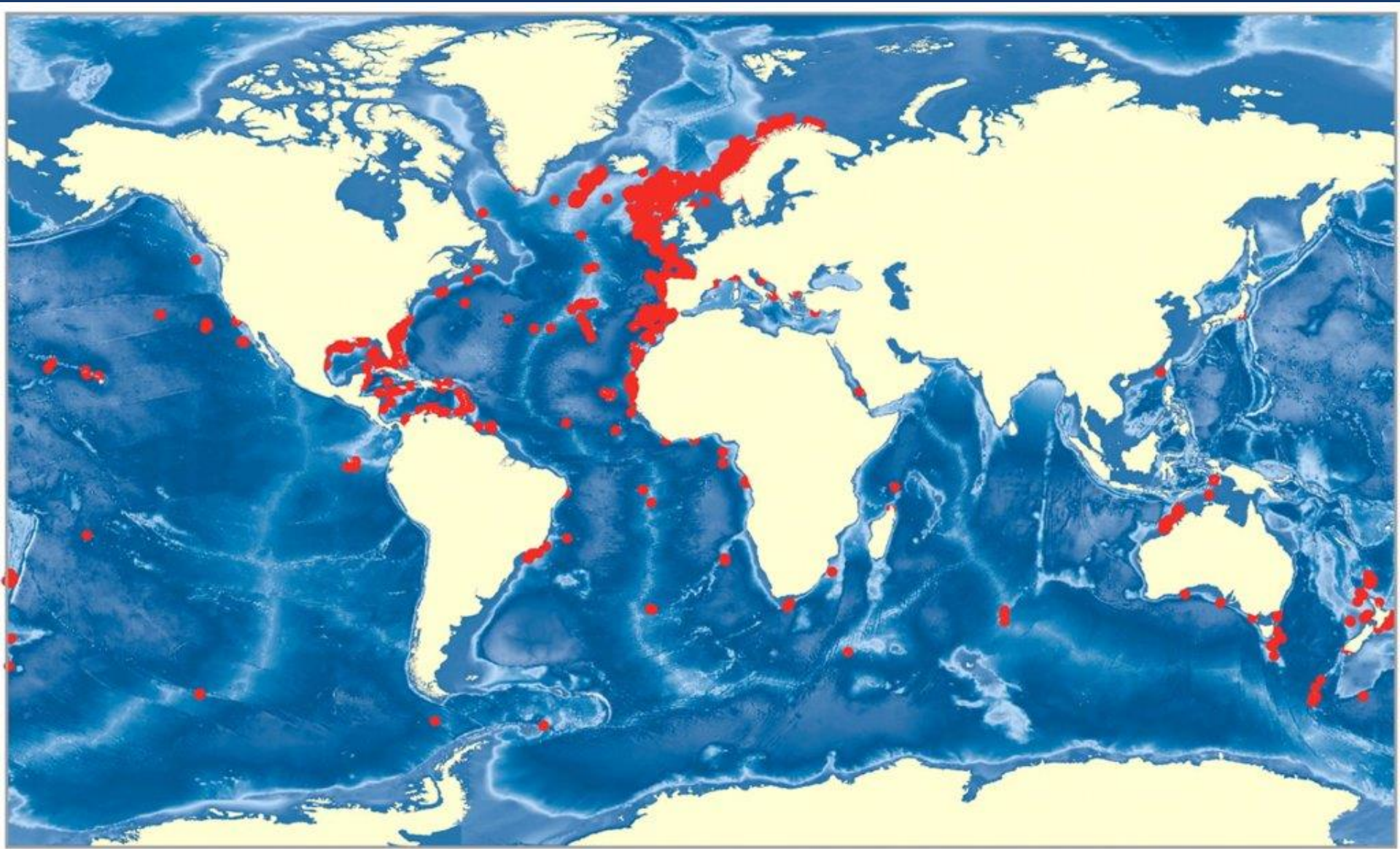
# Hlubokomořské „útesy“

*Lophelia pertusa*

koráli bez symbiotických řas  
hloubky 40-2000 m  
vysoká biodiverzita i biomasa



# Hlubokomořské „útesy“



# Hlubokomořská společenstva závislá na chemosyntéze



objevena 1976



# Hlubokomořská společenstva závislá na chemosyntéze

- až 3000x větší biomasa než v okolní hlubokomořské „pustině“ ( $>30 \text{ kg.m}^{-2}$  !!!)
- specifická fauna (stovky specializovaných druhů)
- živočichové závislí na primární produkci chemosyntetizujících bakterií
- oxidace sulfanu nebo metanu
- prostředí: 1) okolí hydrotermálních vývěrů  
2) slané průsaky  
3) uhlovodíkové průsaky  
4) průsaky na subdukčních zónách

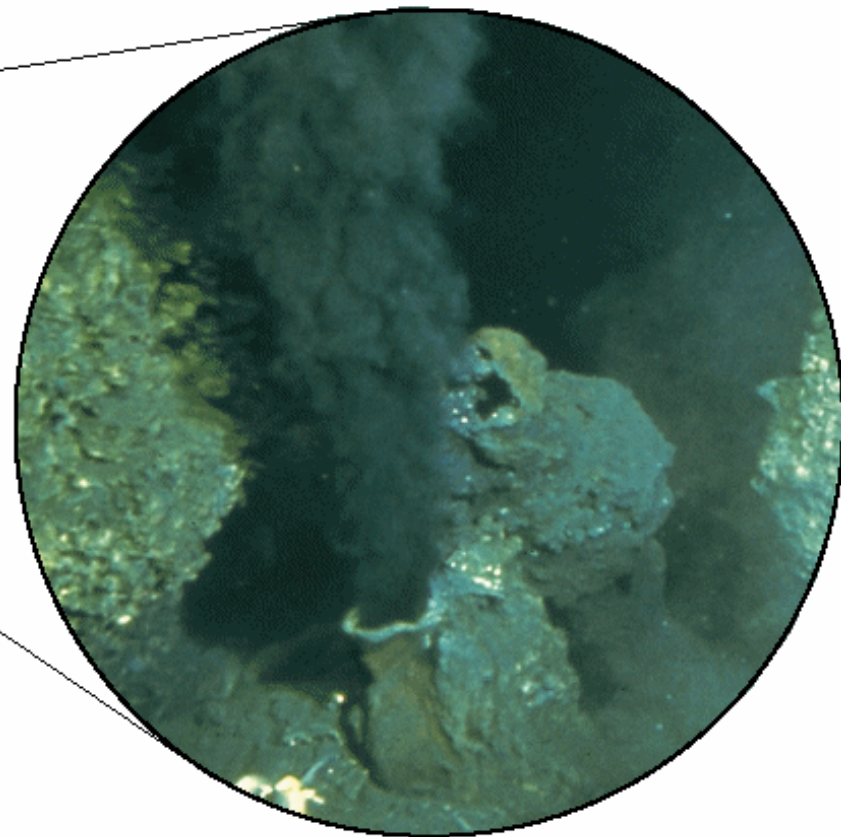
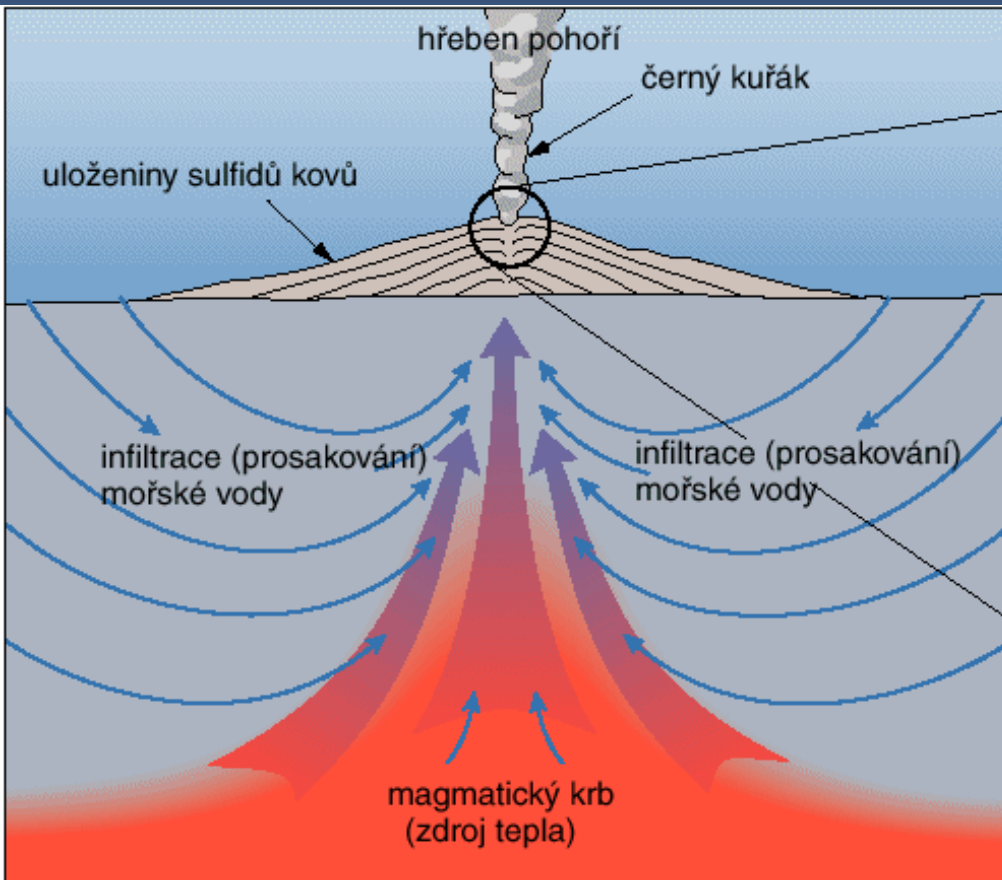
# Kde je najdeme?



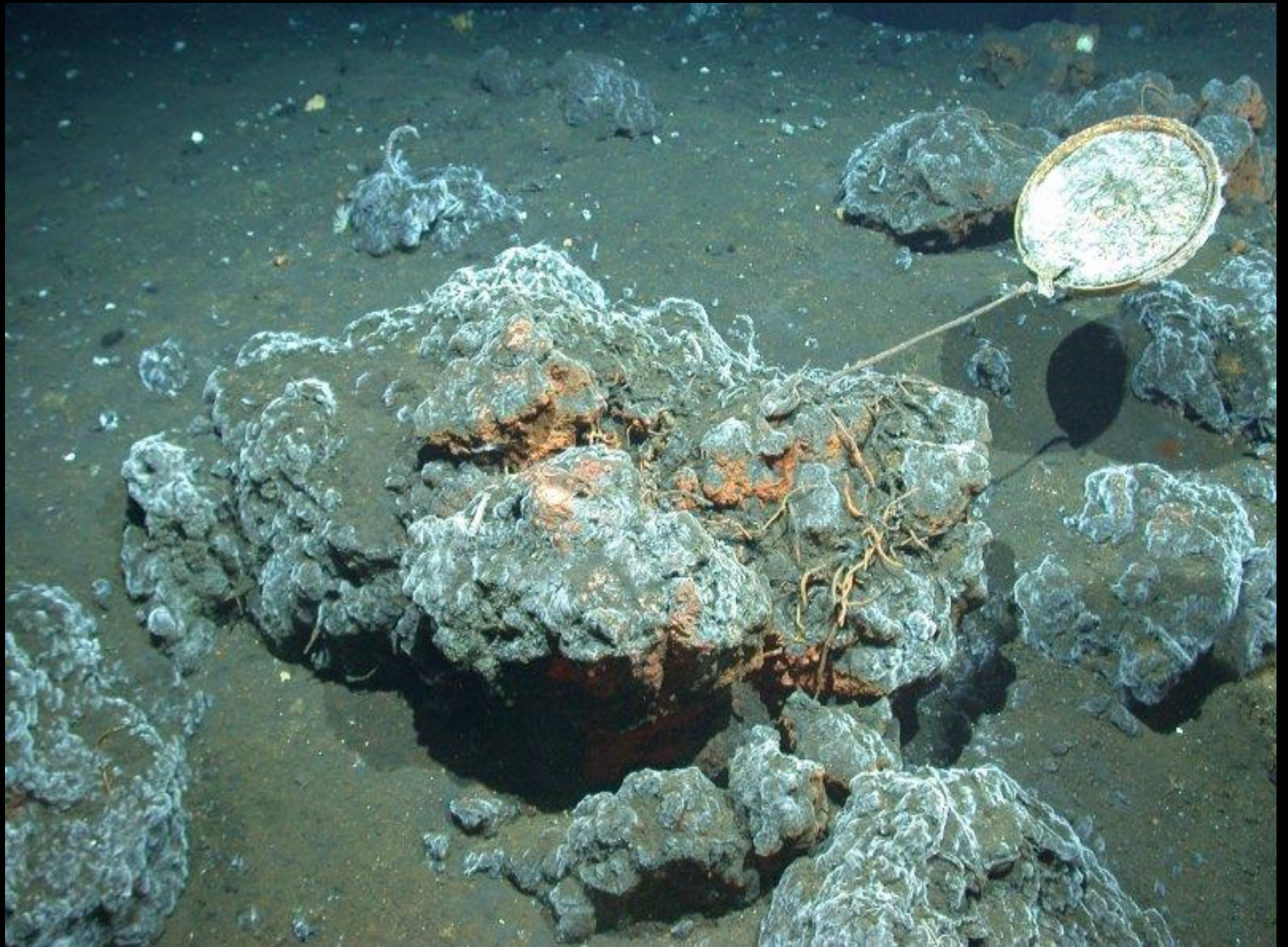
Panarea (Itálie): „bílé kuřáky“ v hloubkách do 30 m!

# Hydrotermální vývěry

- černí kuřáci:  $>350\text{ }^{\circ}\text{C}$ , oblaka sulfidů Fe, Cu aj.
- bílí kuřáci:  $30 - 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ , srážení sulfidů Zn, Pb aj.



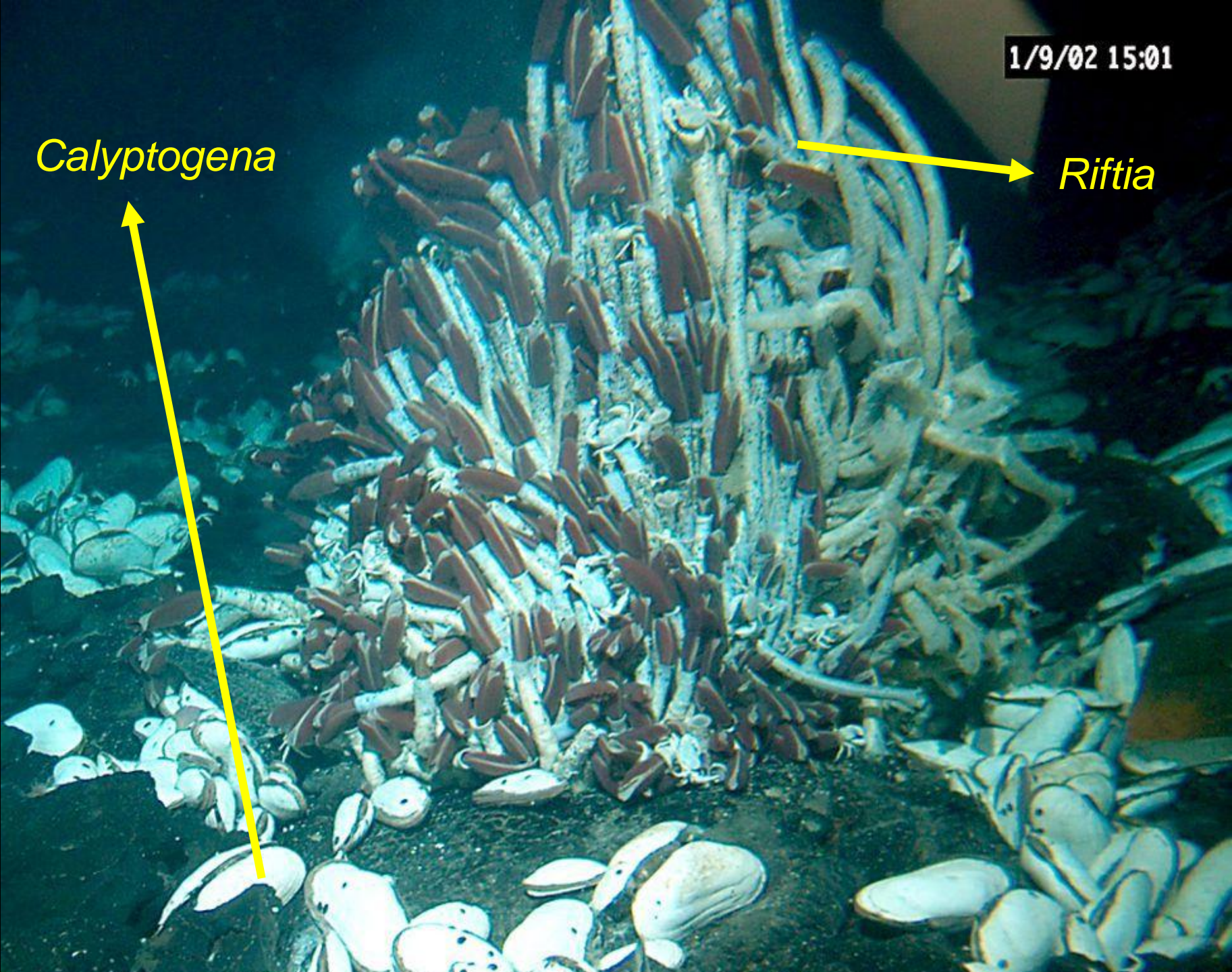
# Aktivní biofilm

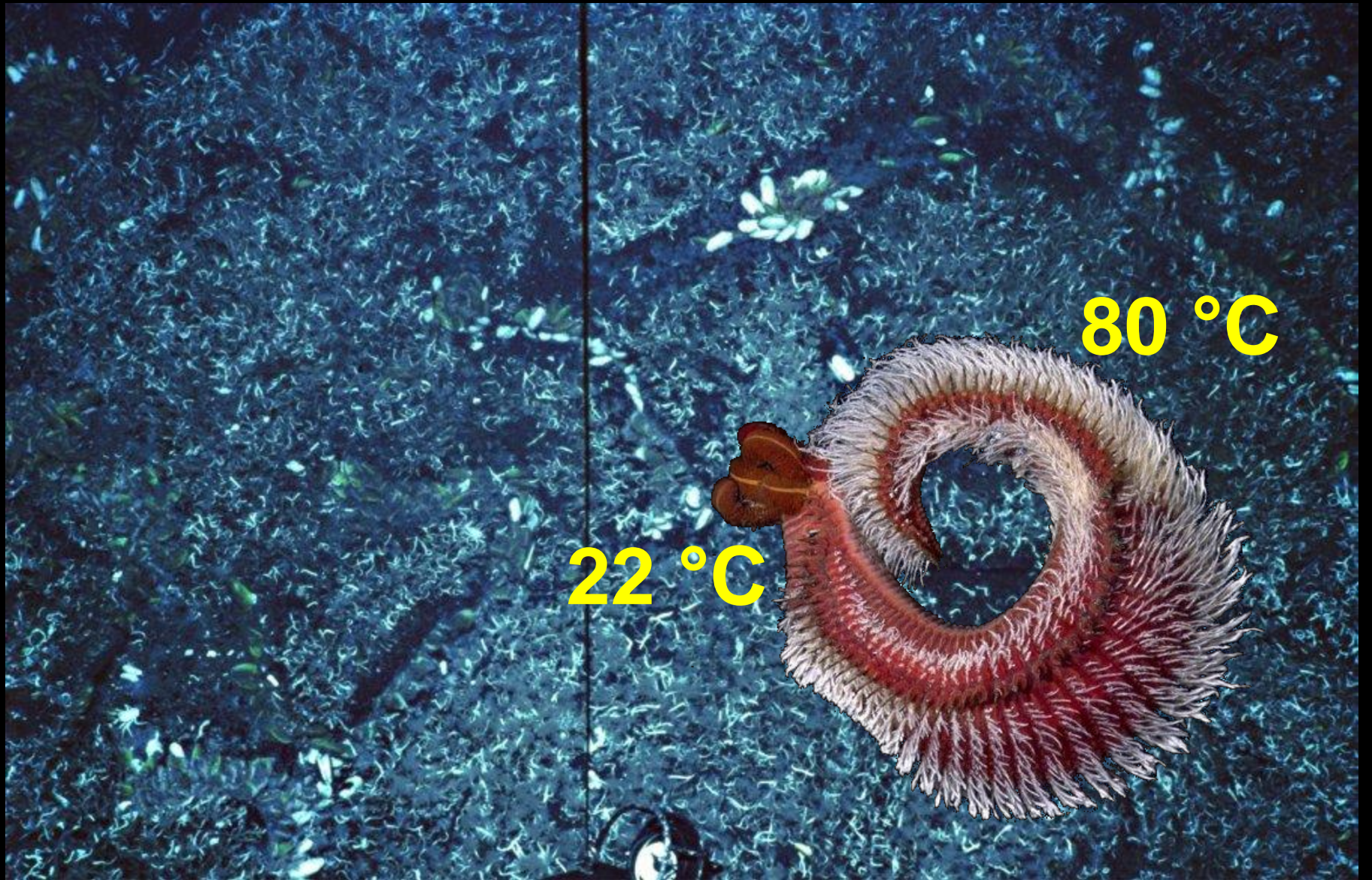


1/9/02 15:01

*Calyptogena*

*Riftia*



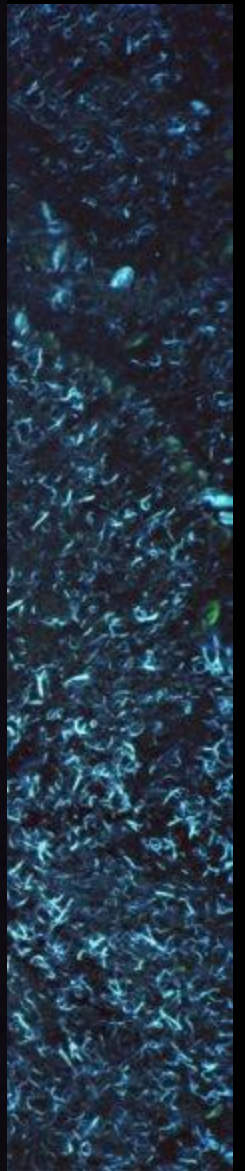


22 °C

80 °C

*Alvinella pompejana*

*Rimicaris*



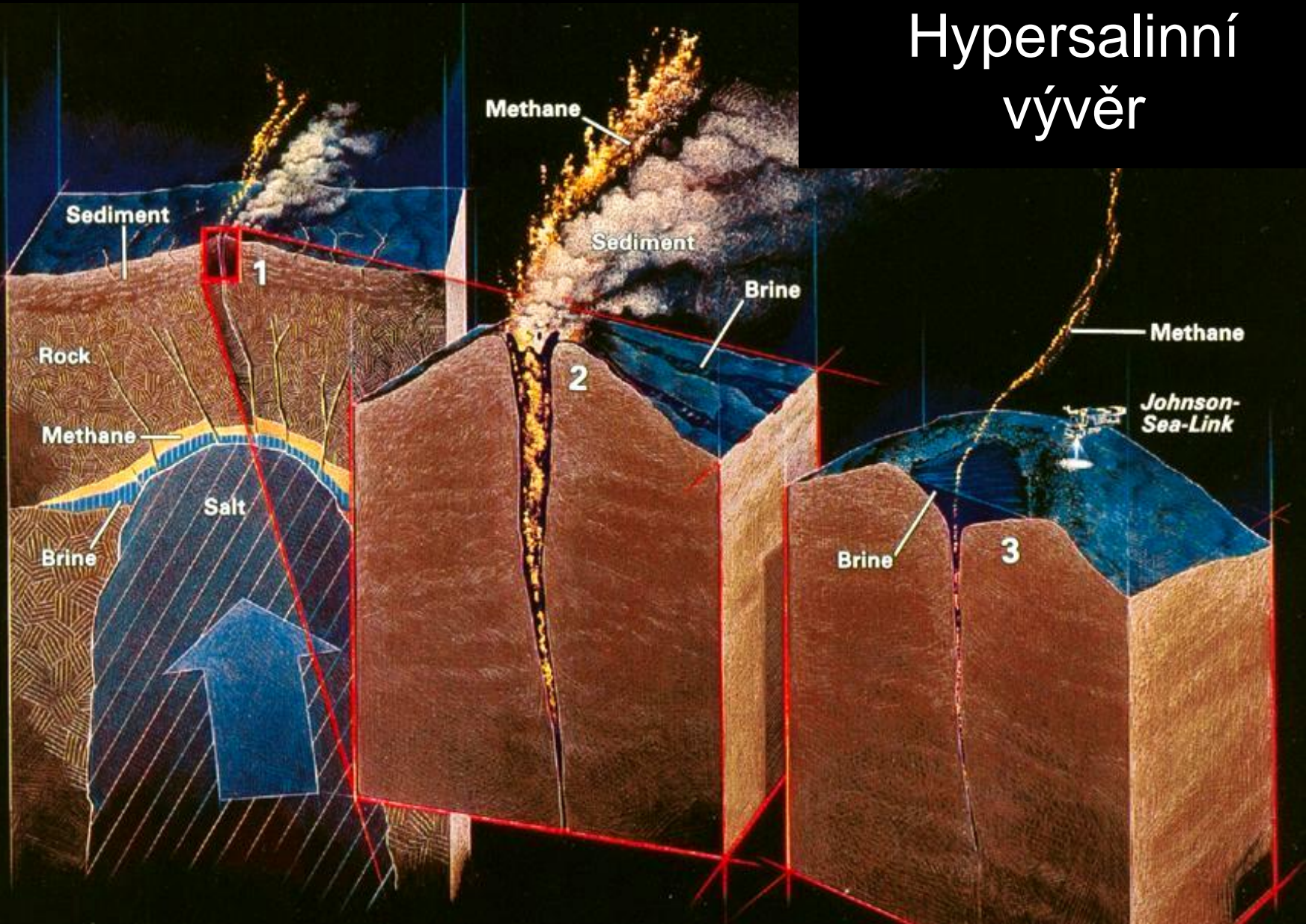
# Netermální průsaky

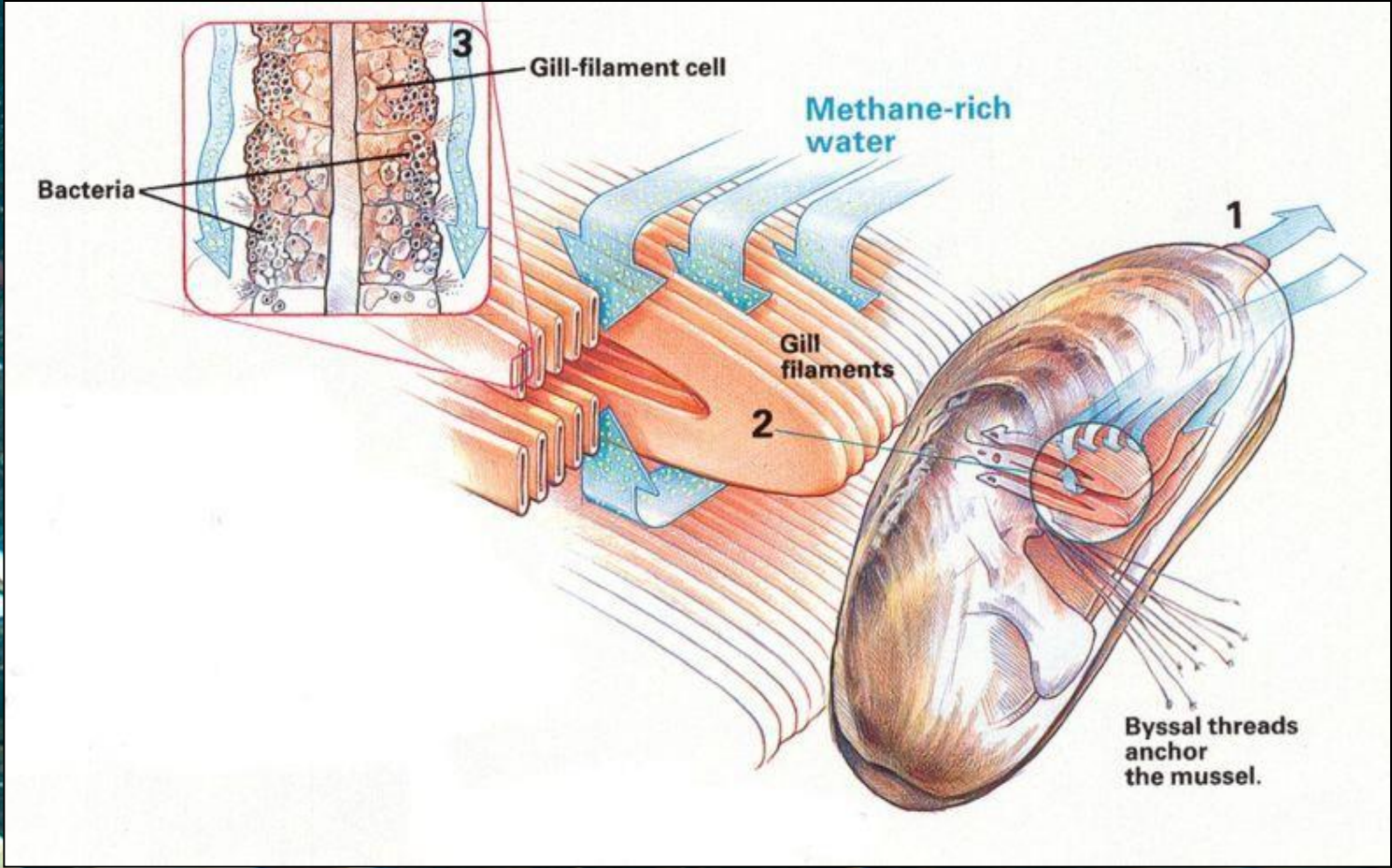
- teplota prosakující vody není výrazně vyšší než okolí, hustota bývá větší
- hypersalinní průsaky: vyšší salinita
- uhlovodíkové průsaky: voda sycena unikajícím metanem
- společenstva podobná jako v okolí „kuřáků“
- u solných uloženin, ložisek ropy nebo hydrátů zemního plynu, na úpatí kontinentálního svahu



# Netermální průsaky

Hypersalinní  
vývěř





# Mořské pobřeží



# Typy pobřeží

Charakter pobřeží a jeho oživení jsou zásadně ovlivněny třemi vzájemně souvisejícími faktory:

**expozice vlnám**

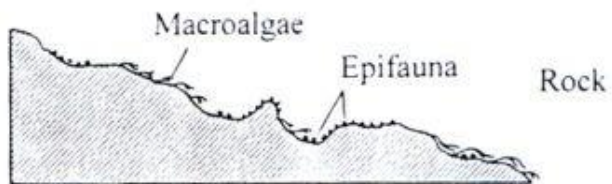
**typ substrátu**

**výška přílivu**

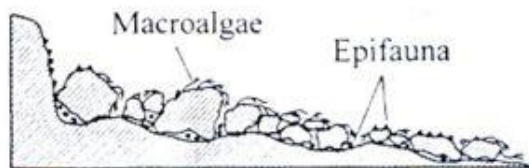
Vliv vln a substrátu:

**tvrdé vs. měkké substráty**  
(**skalnaté vs. písčité/bahnité dno**)

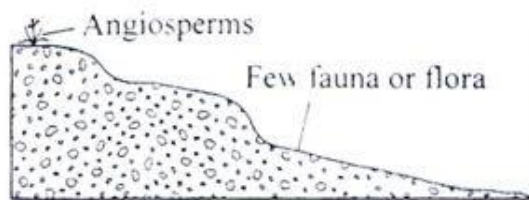
# Typy pobřeží



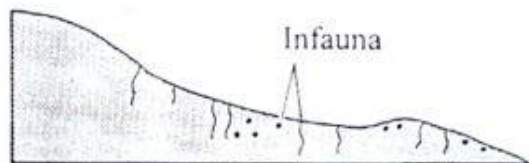
Rock



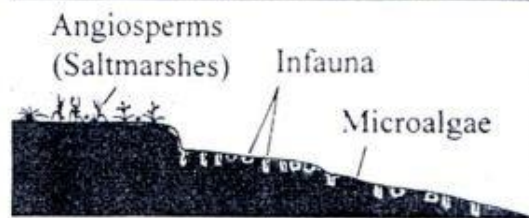
Boulders  
(>256mm)



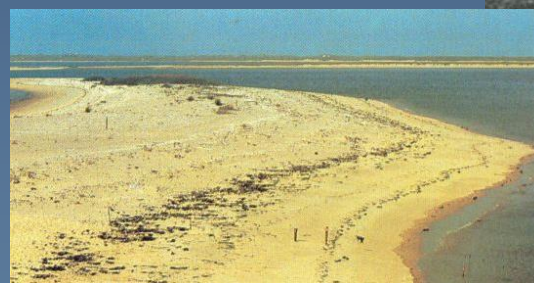
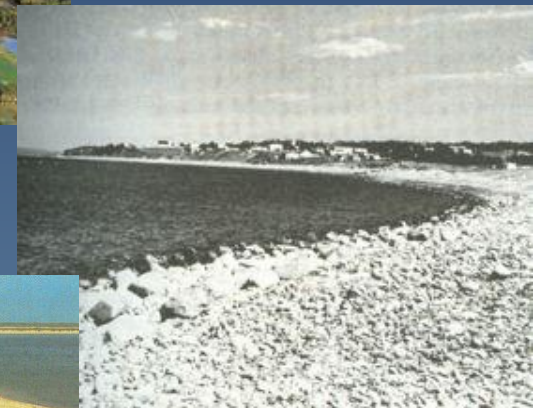
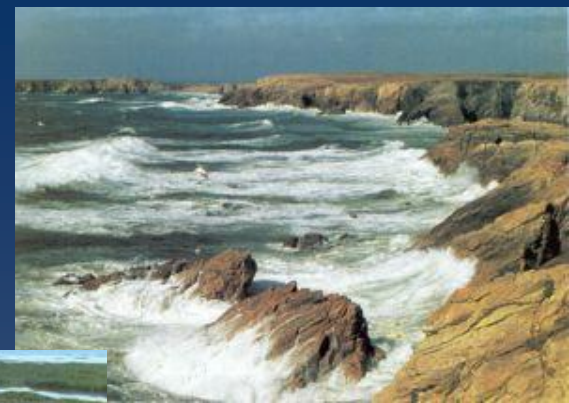
Cobbles  
Pebbles  
Granules  
(4 - 256mm)



Sands  
(63µm - 4mm)



Silts  
Clays  
(<63µm)

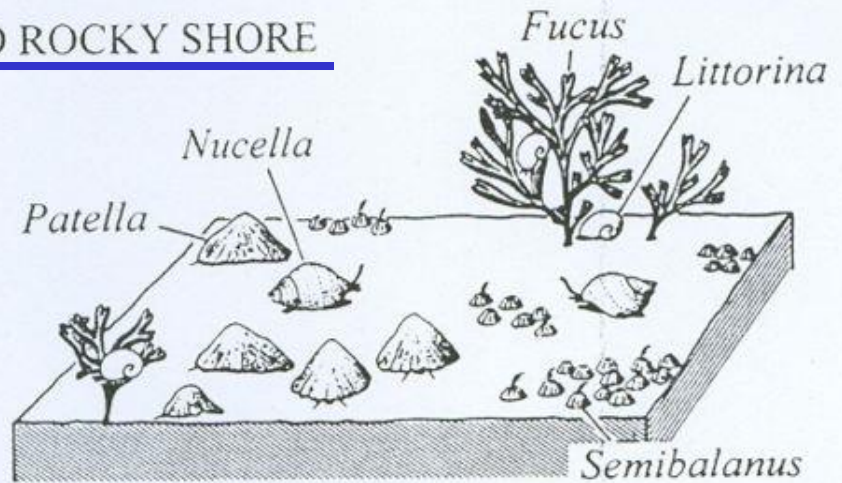


# Pevný vs. měkký substrát

Skalnatá pobřeží jsou osídlená převážně na svém povrchu (epifauna), jsou snadno kolonizovaná řasami



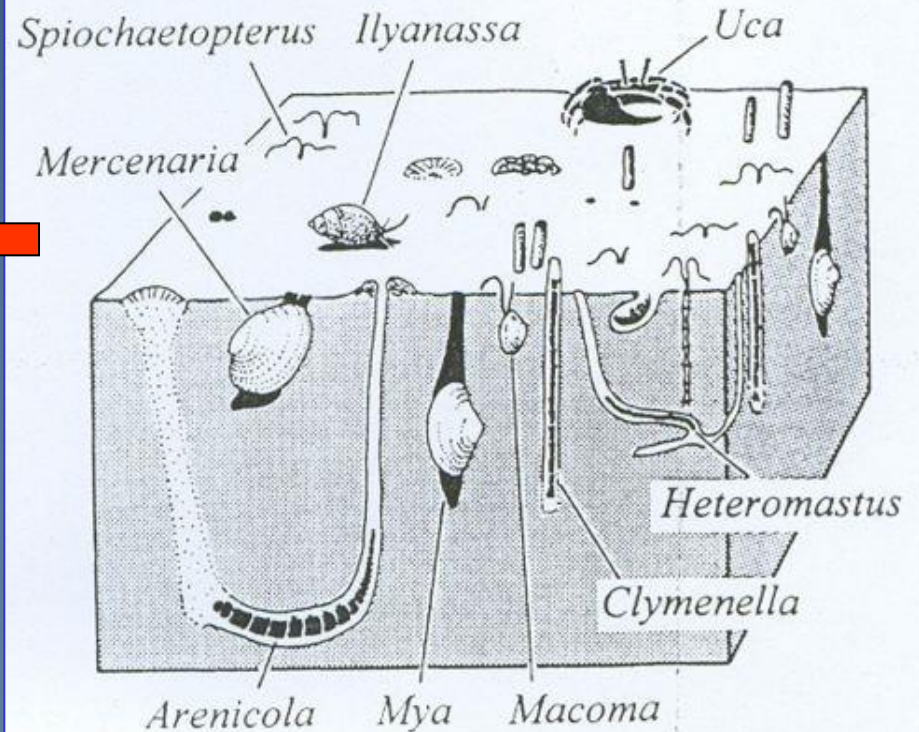
## 2D ROCKY SHORE



Jemné substráty jsou osídlené jak na povrchu (epifauna), tak uvnitř (infauna)









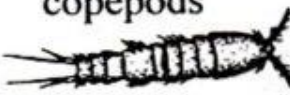
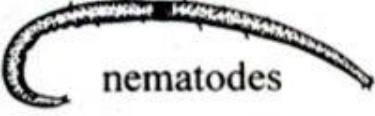






## 3D SOFT SHORE



nejhůře je na tom s oživením štěrku (kombinace charakteru substrátu a míry disturbance)

# Velikost substrátu a odpovídající zástupci organismů

Sediments		Organisms of equivalent size	
BOULDERS	>256000 $\mu\text{m}$ ( $<-8\phi$ )	 seagrasses	 vertebrates
COBBLES	64000-256000 $\mu\text{m}$ (-6 to $-8\phi$ )	 crabs	 polychaetes
PEBBLES	4000-64000 $\mu\text{m}$ (-2 to $-6\phi$ )	 amphipods	 bivalves
GRANULES	2000-4000 $\mu\text{m}$ (-1 to $-2\phi$ )	 juvenile macrofauna	 juvenile macrofauna
SANDS	63-2000 $\mu\text{m}$ (4 to $-1\phi$ )	 copepods	 nematodes
SILTS	4-63 $\mu\text{m}$ (8 to $4\phi$ )	 diatoms	 ciliates
CLAYS	1-4 $\mu\text{m}$ (11 to $8\phi$ )	 bacteria	 micro-flagellates

# Slapové jevy aneb dmutí

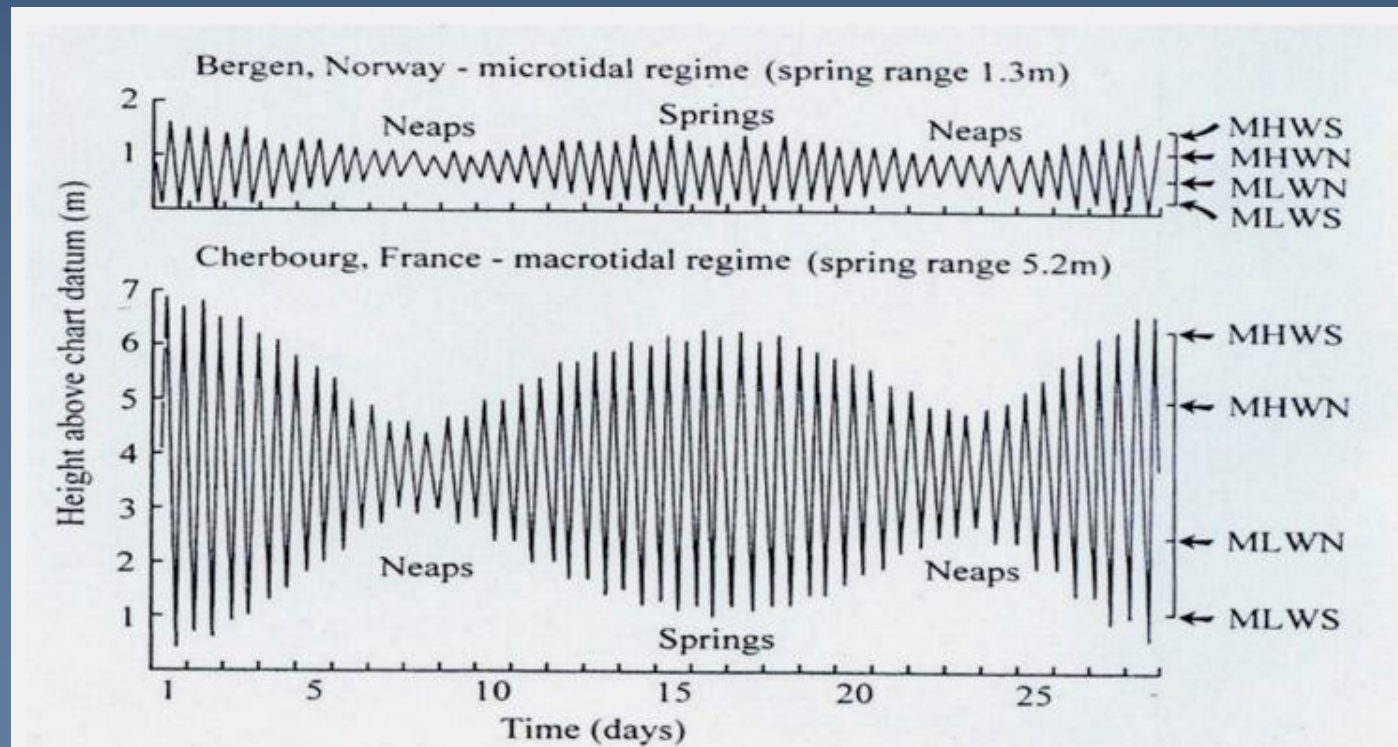




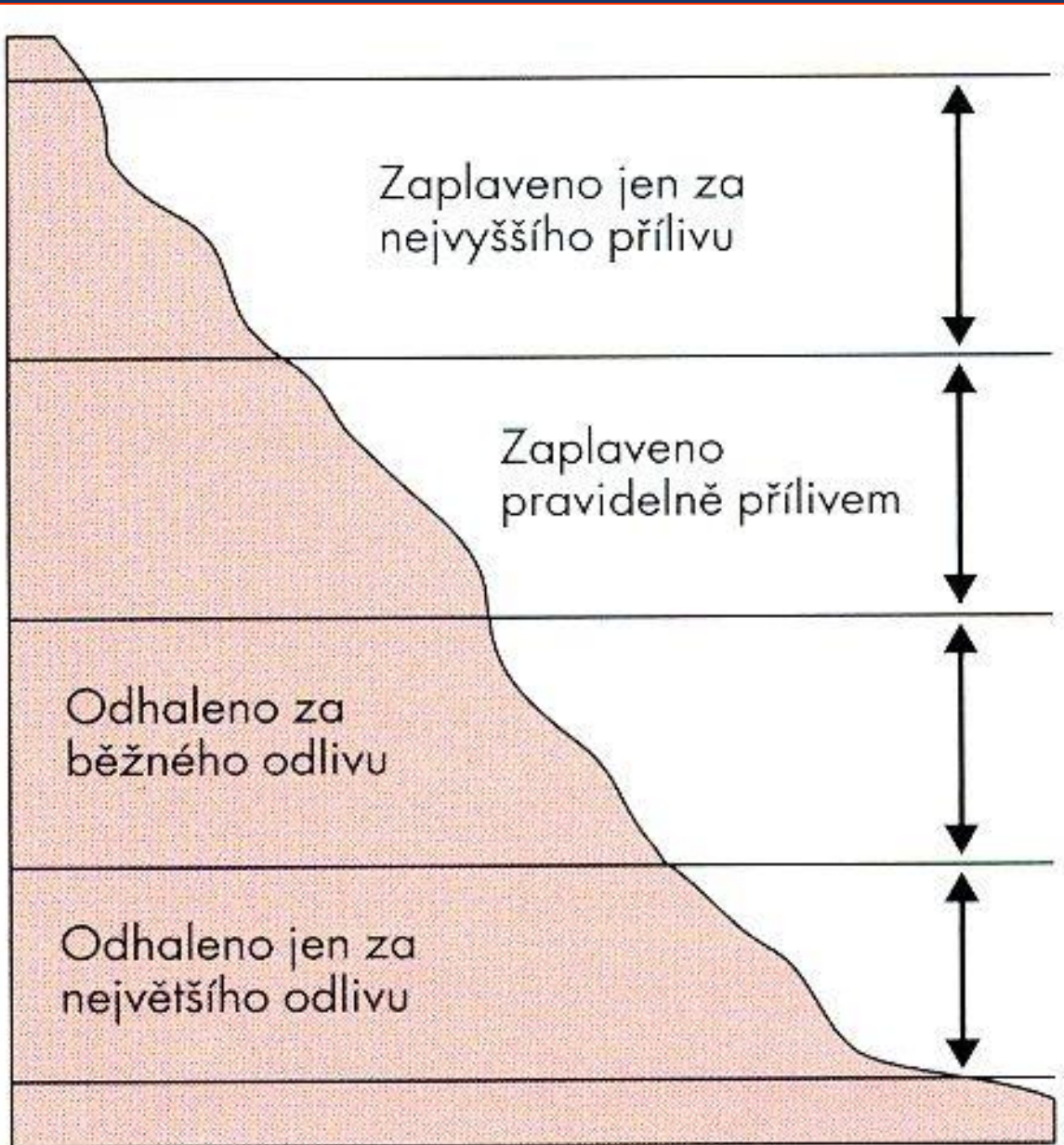
# Slapové jevy aneb dmutí

Příliv a odliv se obvykle opakují dvakrát za 24 hodin a 50 minut.

Maxima dvou následujících přílivů (odlivů) jsou tedy od sebe (teoreticky) vzdálena 12 hodin a 25 minut, vrcholící příliv od nejnižší hladiny odlivu 6 hodin a 12 minut.



# Vertikální zonace přílivové zóny



MHWS

(mean high water spring)

MHWN

(mean high water neap)

**přílivová zóna**

(intertidál, litorál)

MLWN

(mean low water neap)

MLWS

(mean low water spring)



# Podélný profil skalnatého pobřeží



Společenstvo dostřikové zóny



Ptačí bazary

terrestrial ecosystem

seabirds and cliff community

splash zone

cliff

brackish pools

HWM

upper shore

middle shore

lower shore

rockpools

*Laminaria*

LWM

sublittoral

littoral region

HWM – high water mark

LWM – low water mark

# Faktory ovlivňující intertidální organismy

## Prostředí proměnné podle cyklu přílivu a odlivu

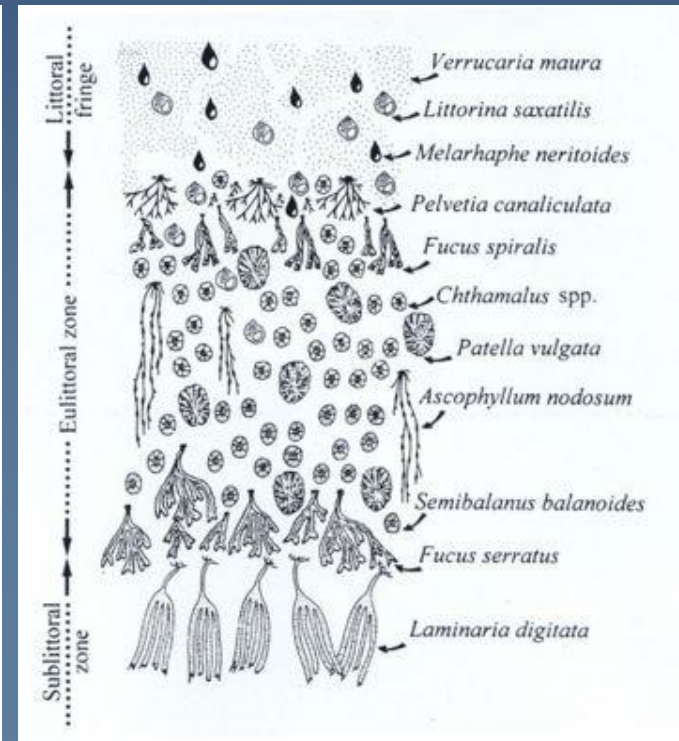
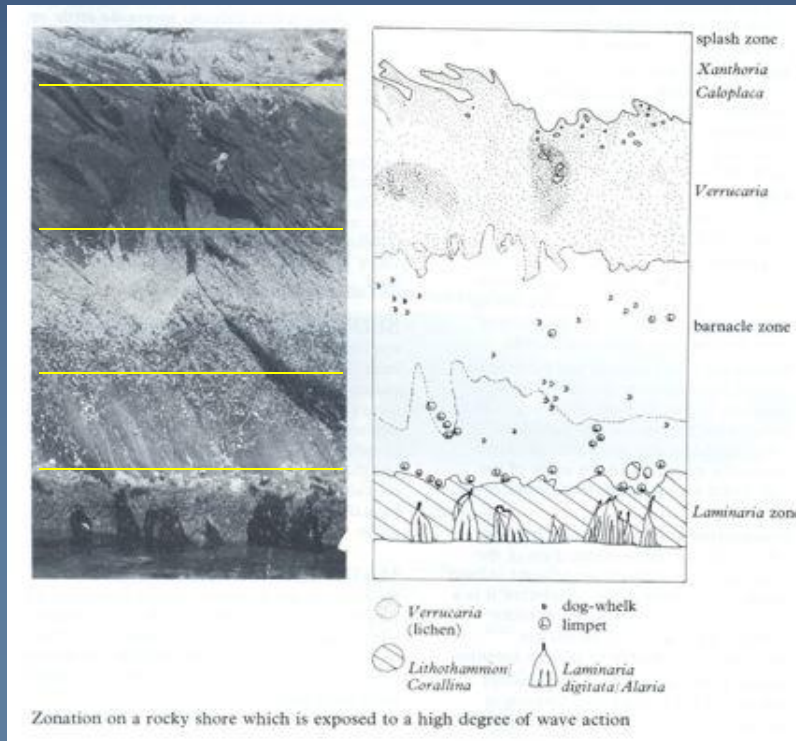
- **Vysychání a tepelný stres:**  
větší organismy ztrácejí vodu i teplo pomaleji než malé;  
delší a tenké organismy vysychají více než kulaté  
rovnováha: **slávky *Mytilus sp.***
- **Změna salinity:** ústí řek, tůně na skalnatém podloží
- **Omezení přístupu k potravě:** nižší reprodukce (plži, filtrátoři)
- **Redukce kyslíku:** redukce metabolické rychlosti, hemoglobin (*Arenicola*),  
dýchání vzdušného kyslíku (**mlž *Geukensia demissa***)
- **Mobilní druhy:** návrat „domů“ (přílipky), vertikální migrace (plž *Littorina neritoides*),  
cestování s vlnami - „swash riders“ (mlž *Donax*),  
zahrabávání...

# Zonace skalnatých pobřeží

- Produktivita je nízká v horní části a vzrůstá směrem k dolní
- Směrem k dolní části vzrůstá složitost druhů a společenstva
- Směrem k dolní části vzrůstá kompetice
- Horizontální pásy společenstev

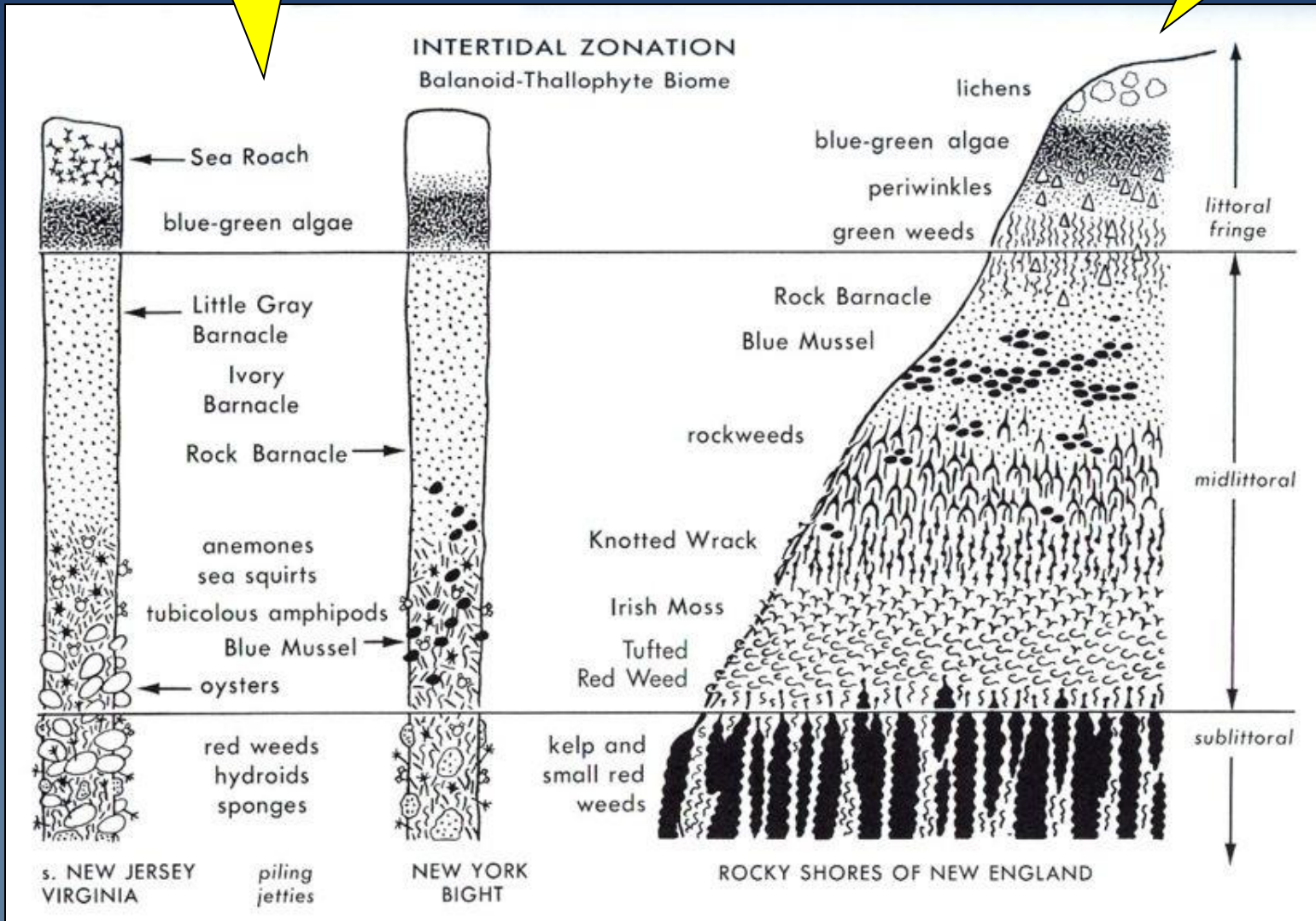
Zonace je výsledkem interakcí mezi fyzikálními, chemickými a biotickými faktory: ⇒ limitující faktory tohoto ekosystému

⇒ adaptace organismů k těmto faktorům



Zonace na pilířích  
přístavní hráze

Zonace na skalnatém  
pobřeží



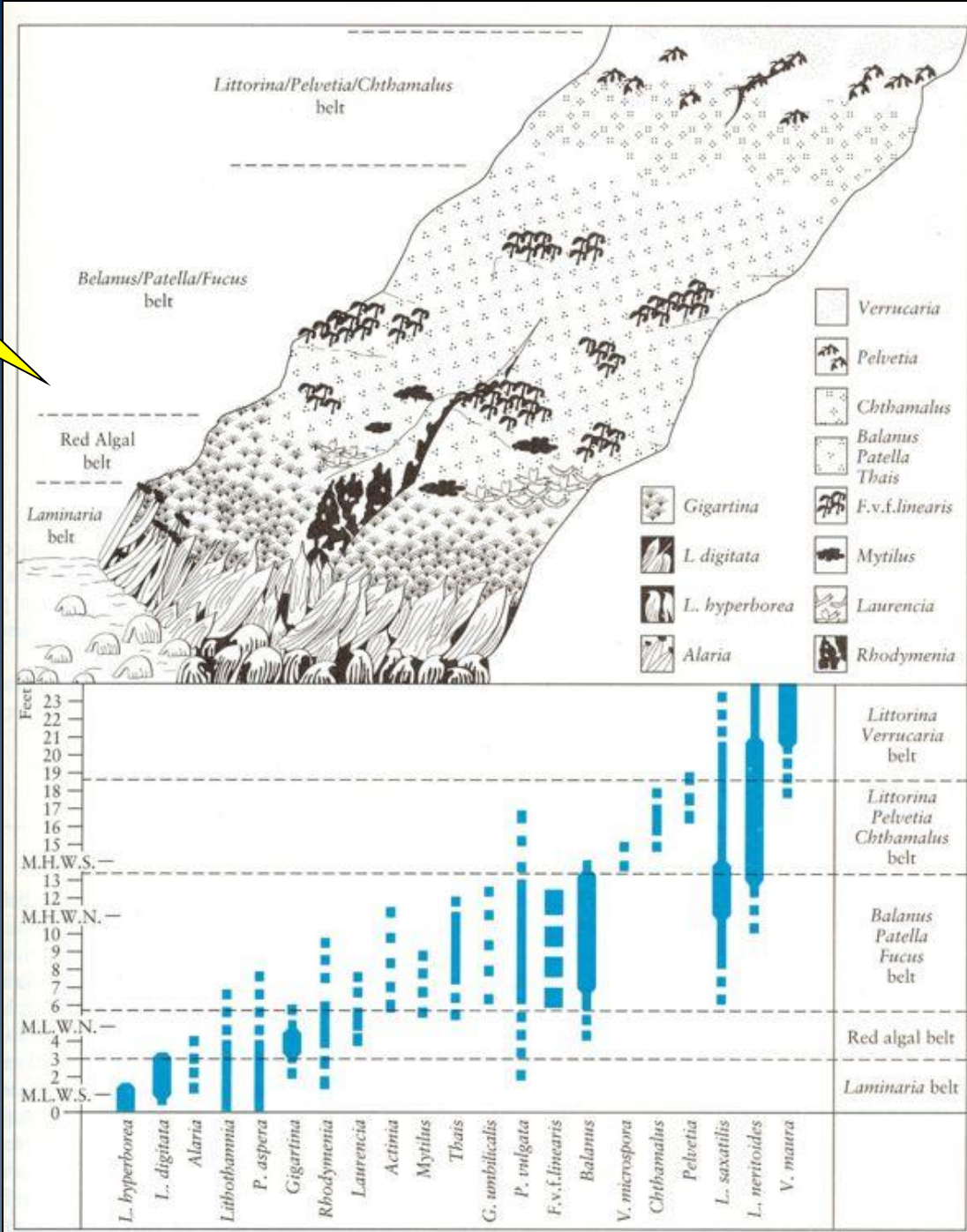
# Příčiny zonace

- **Rozdílná fyziologická tolerance** – tolerance k vysychání, redukovaný čas na krmení, redukovaný přístup ke kyslíku a extrémní teploty ⇒ **vilejší vs. sasanky**
- **Habitatová preference larev a dospěců** – larvy sesilních druhů jsou schopné usadit se na místech vhodných pro dospělé jejich vlastního druhu ⇒ **vilejší**
- **Kompetice** – prostorová limitace vede ve fyziologicky vhodných zónách k dominanci druhů, kteří jsou schopni přerůst nebo odstranit druhy ostatní ⇒ **mlži, vilejší**
- **Predace** – predátoři jsou často silně limitováni dobou ponoření, proto je predace obvykle omezená na spodní patra pobřeží ⇒ **plž *Nucella lapillus* (Evropa), hvězdice *Pisaster ochraceus* (USA)**

**Horní hranice** rozšíření intertidálních druhů je regulována **fyzikálními faktory**, zatímco **dolní hranice** je regulována **biologickými faktory** (kompeticí, predací).



Středně exponované  
pobřeží SZ Skotska s  
typickou dominancí  
svijonožců

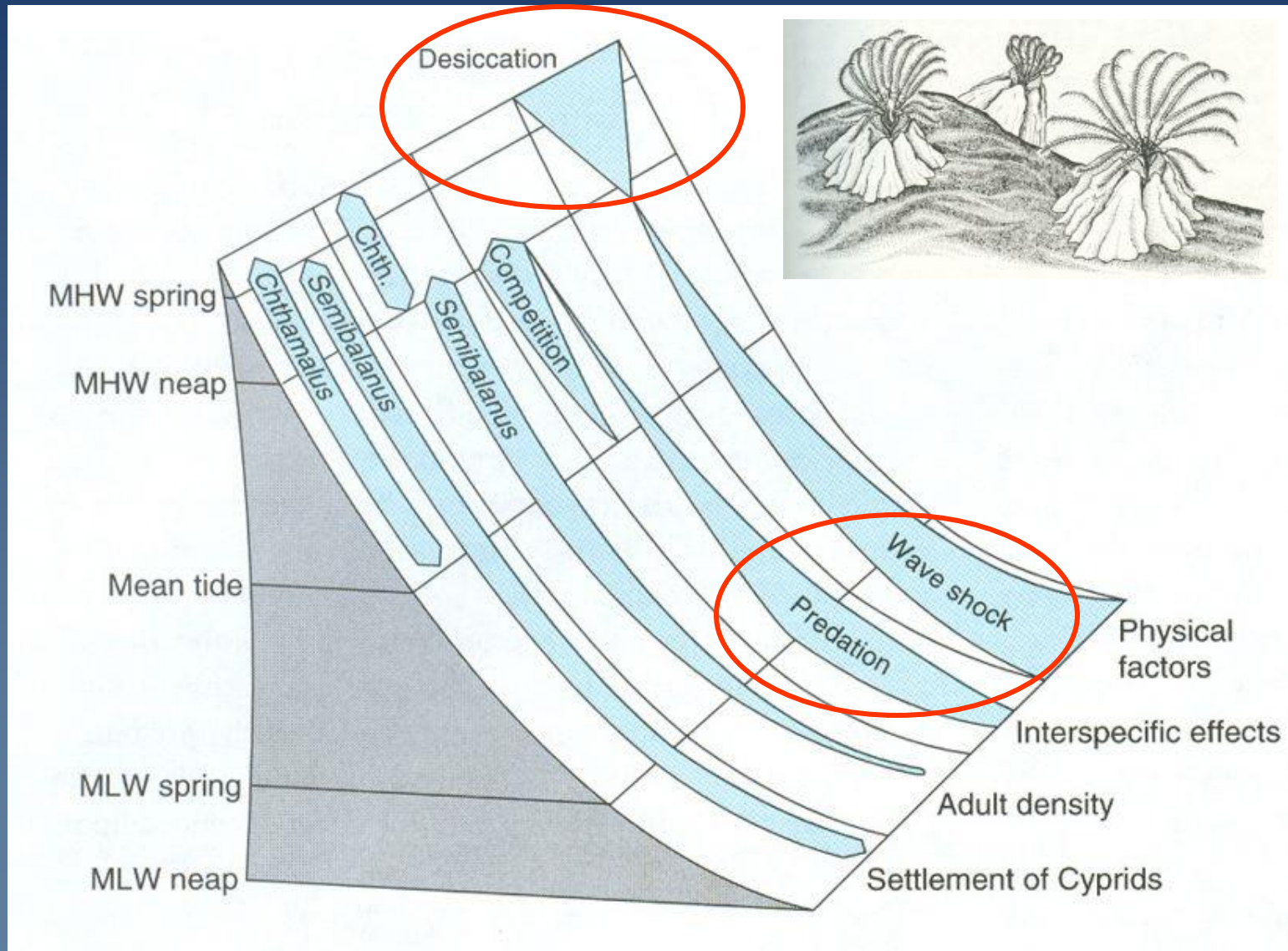


přiliv

odliv

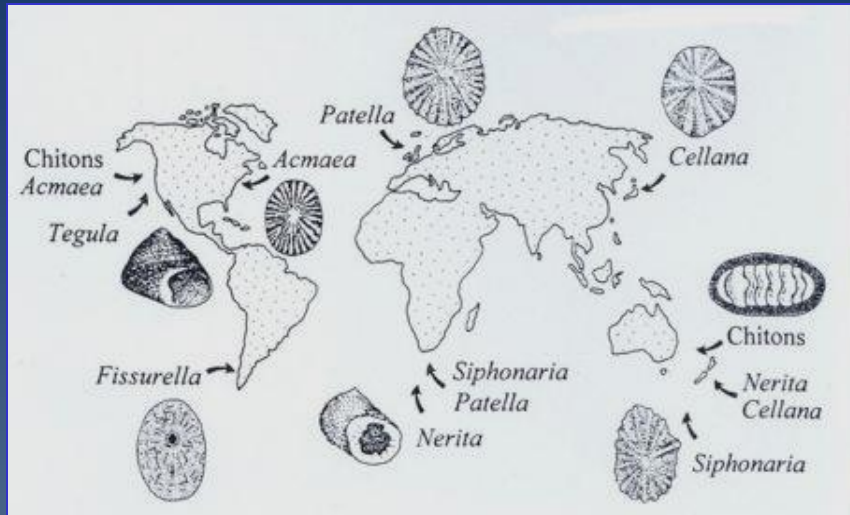
# *Semibalanus balanoides* vs. *Chthamalus stellatus*

## KOMPETITIVNÍ VYLOUČENÍ



# Rozšíření organismů skalnatých pobřeží

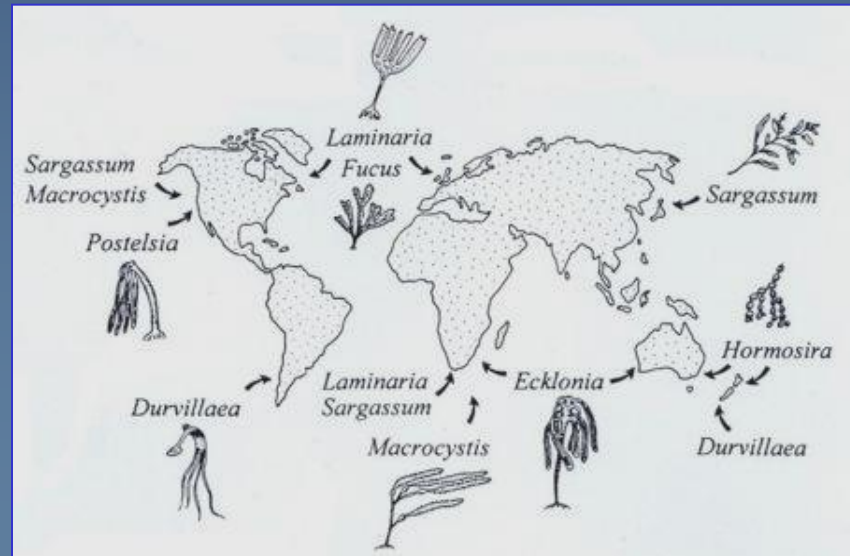
## Spásači



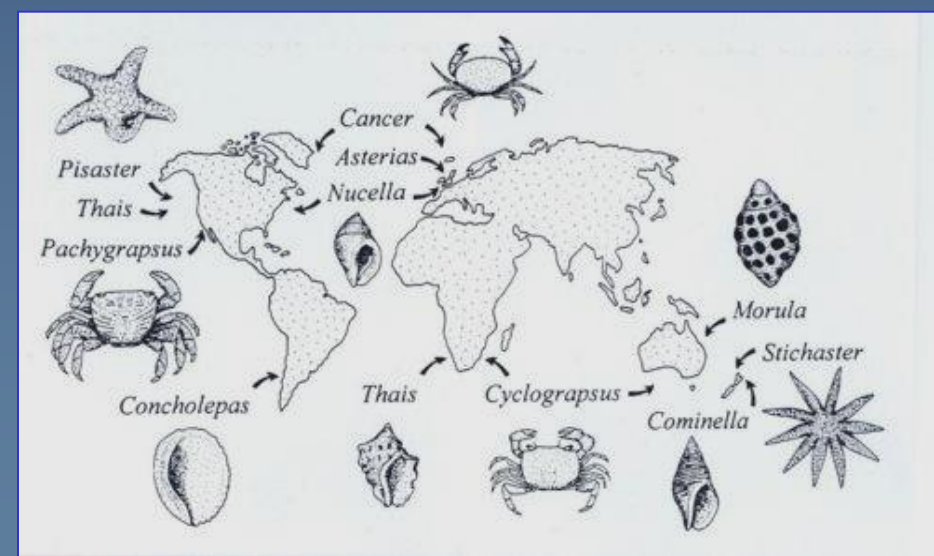
## Filtrátoři a detritovoři (suspension feeders)



## Chaluhy



## Predátoři



# Vertikální distribuce plžů r. *Littorina* na skalnatém pobřeží

Zonation of periwinkles and topshells from upper shore (left) to lower shore (right)



*L. rudis*

*L. littorea*

*L. obtusata*

*G. umbilicalis*

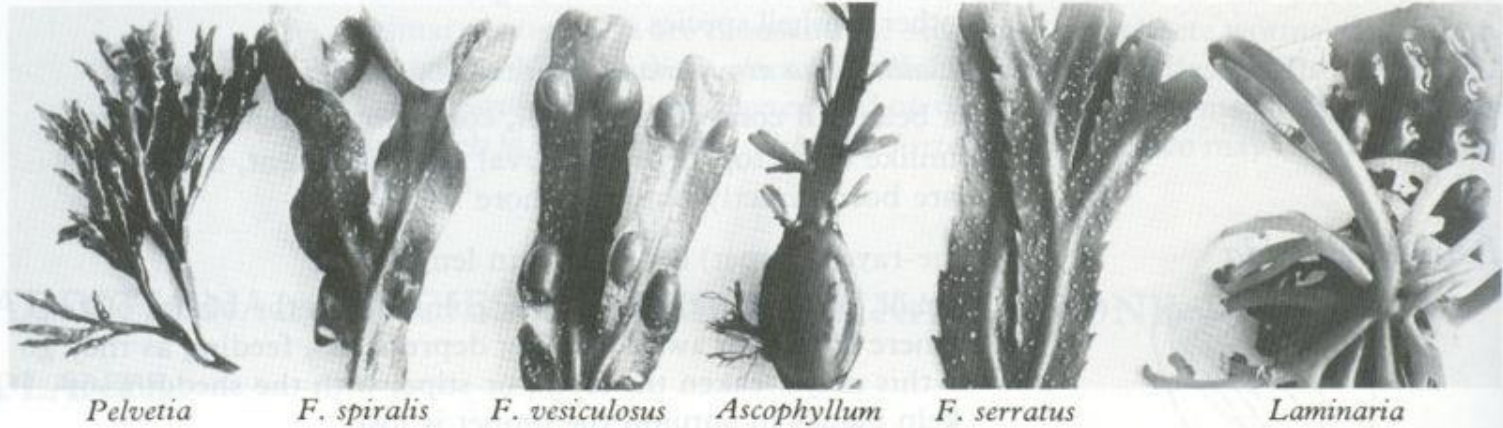
*Calliostoma*

Nejvyšší část litorálu

Nejnižší část litorálu

# Vertikální distribuce chaluh na skalnatém pobřeží

Zonation of brown algae from upper shore (left) to lower shore (right)

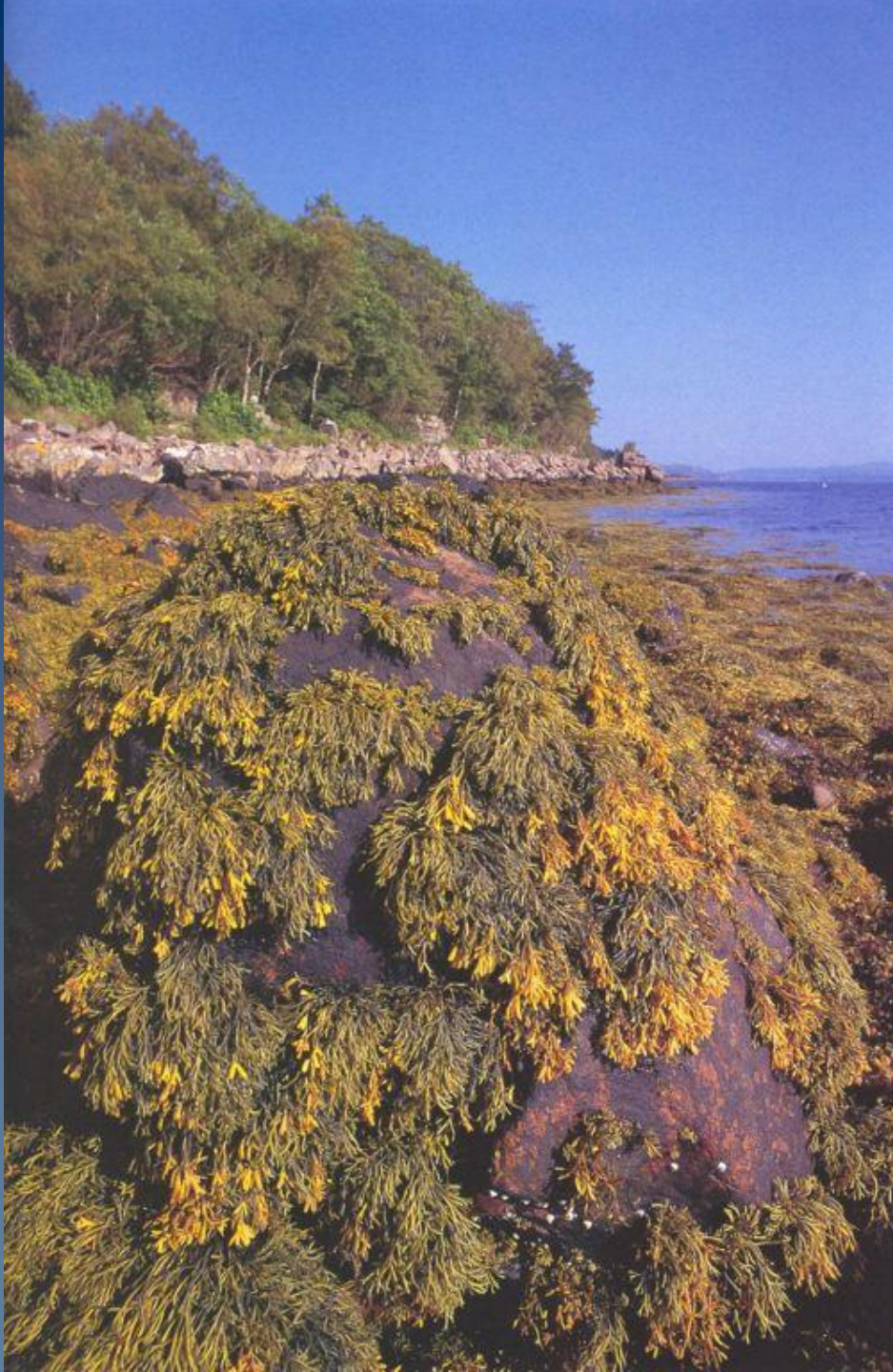


FUCALES

LAMINARIALES

Nejhořejší část litorálu

Nejspodnější část litorálu



Během odlivu se husté porosty  
chaluň ocitají na „suchu“:  
- úkryt pro litorální živočichy



*Postelsia palmaeformis*

Chaluň vystavená silnému příboji –  
roste v nejexponovanějších místech



Společenstva sublitorální zóny jsou velmi náchylná na vysychání

(sublitorál za skočného odlivu)

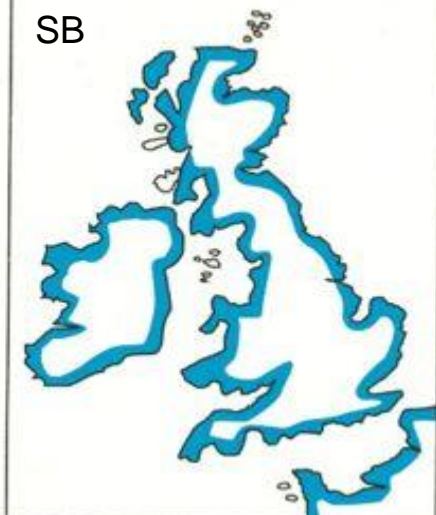
Během odlivu se husté porosty chaluž ocitají na „suchu“:  
- úkryt pro litorální živočichy

# Biologické vlivy zonace – příklad kompetice

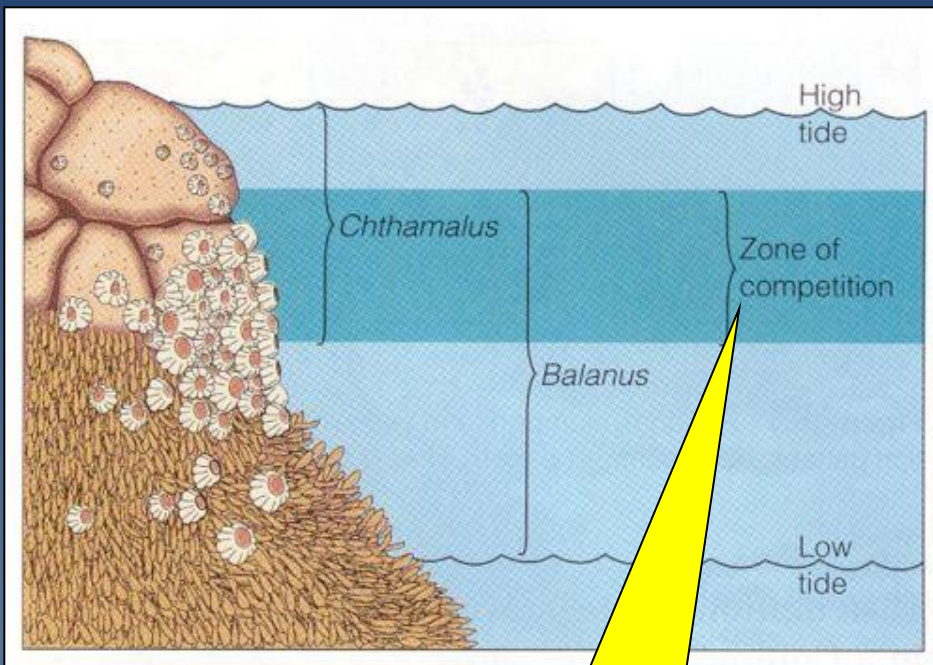
CS



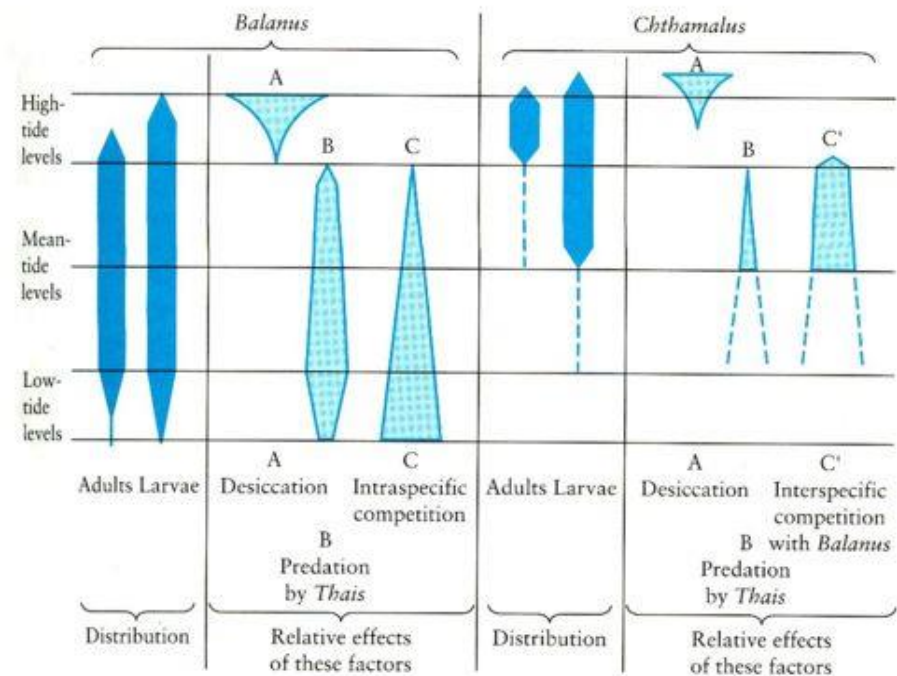
SB



Distribuce *Chtamalus stellatus* (CS) a *Semibalanus balanoides* (BB) na Britských ostrovech



**KOMPETICE**







## Slávkové lavice (*Mytilus*, *Modiolus*)

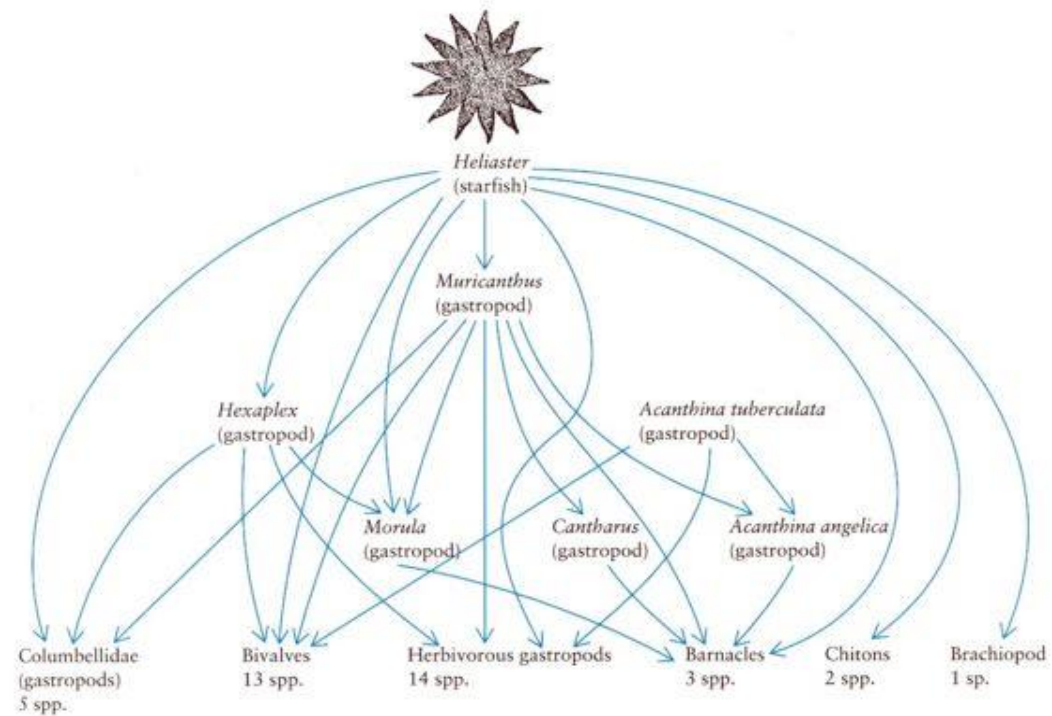
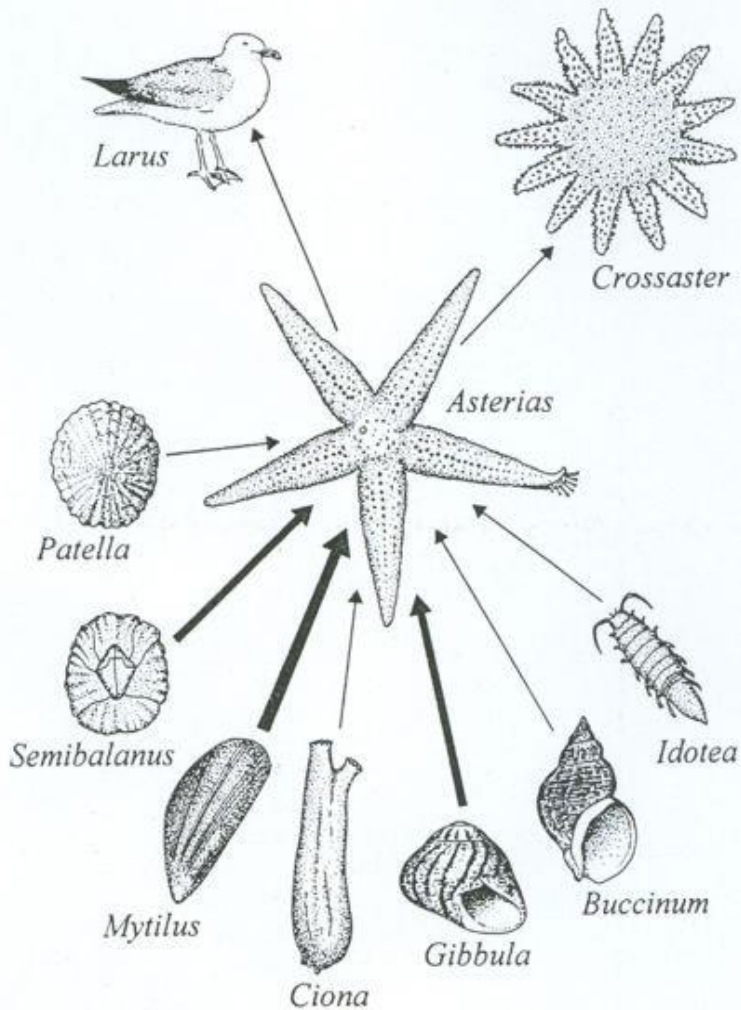
V určité zóně dominantní  
společenstvo, shora  
limitace vysycháním,  
zespoda predací



# Vrcholoví predátoři skalnatého pobřeží

Potravní vztahy hvězdice *Asterias rubens* na skalnatých pobřežích severní Evropy

Potravní vztahy ve společenstvu s dominantním druhem hvězdice rodu *Heliaster* na skalnatých pobřežích severní části Kalifonského zálivu, USA



# Vliv klíčového druhu

## *Pisaster ochraceus*

Predátor svijonožců, slávek, chroustnatek, přílipek

Odstranění hvězdice vedlo ke snížení počtu druhů

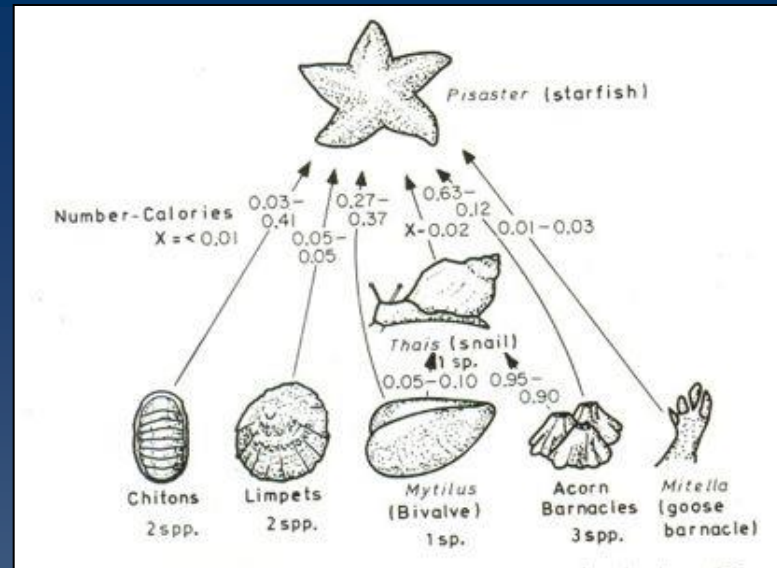


Hvězdice uvolňovala prostor konkurenčně podřízeným druhům



Odstranění vilejšů a slávek, které konkurenčně vytlačovaly jiné bezobratlé a řasy

Kontrola společenstva jedním konzumentem ?



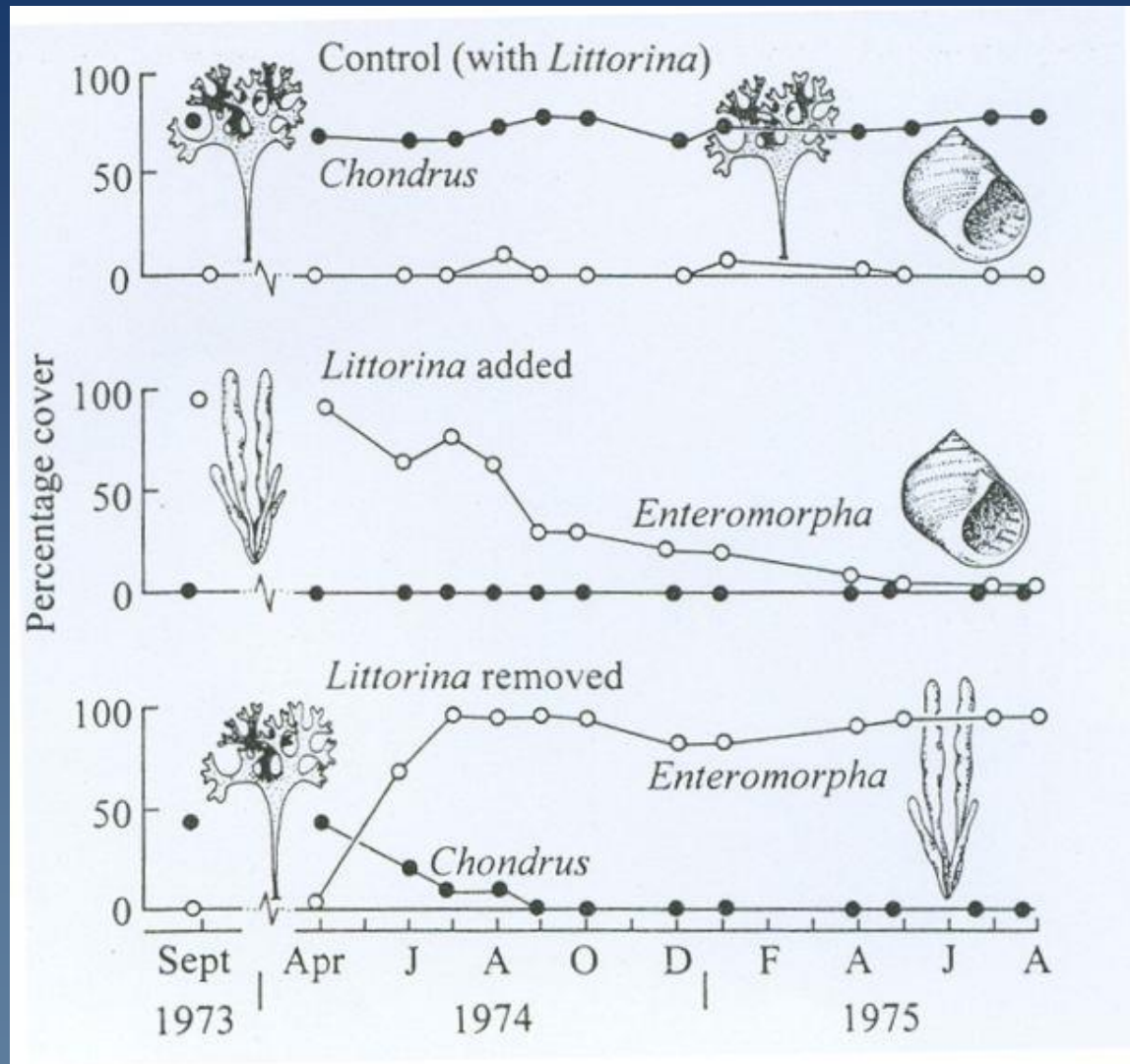
# Spásači a jejich vliv – *Littorina littorea*

Je-li plž vzácný či chybí, *Enteromorpha* vyloučí další druhy a diverzita řas bude nízká

Je-li hustota plže střední či vyšší, sníží se abundance *Enteromorpha*, konkurence je omezena a mnoho druhů řas koexistuje

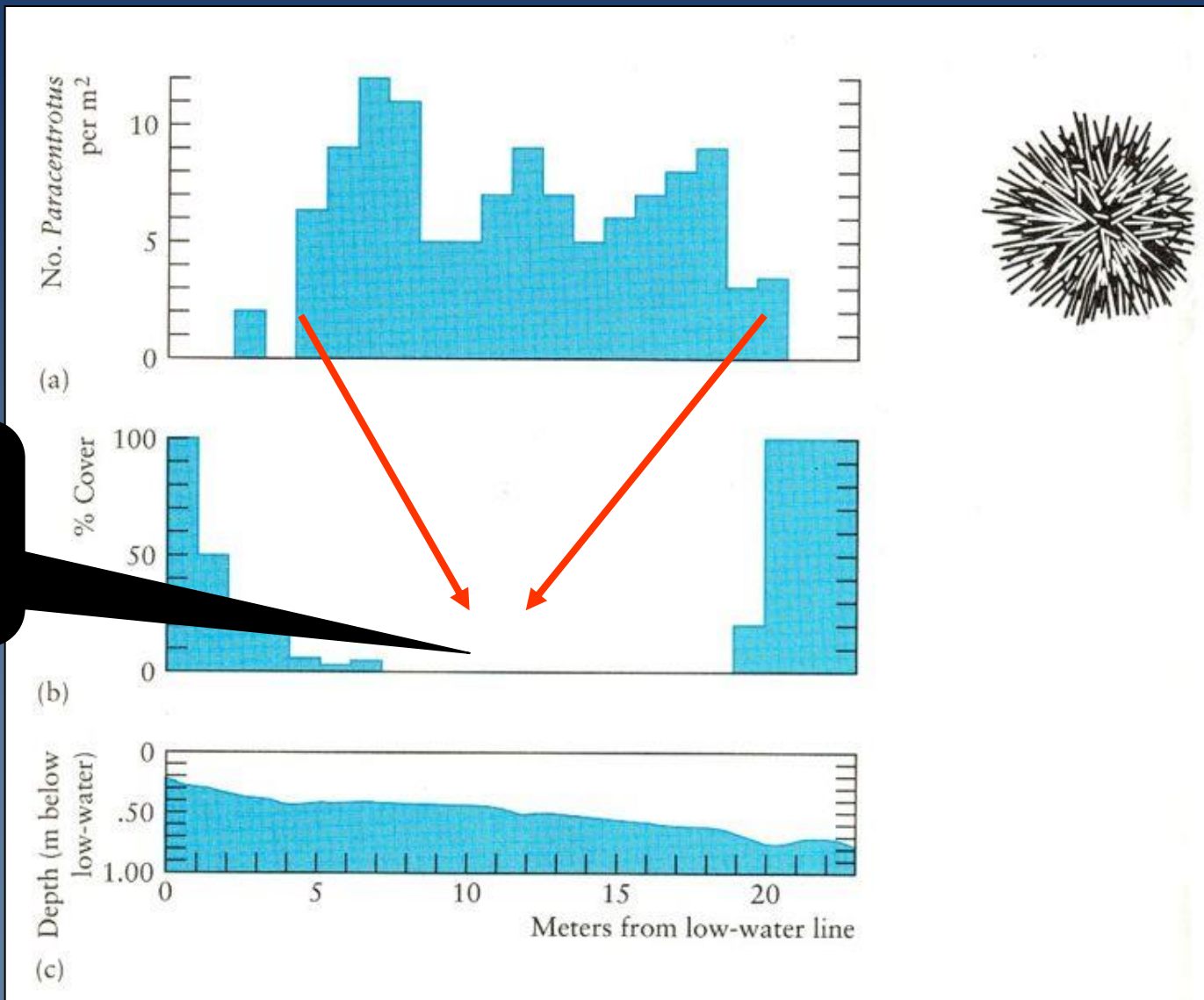


**Vyšší diverzita**



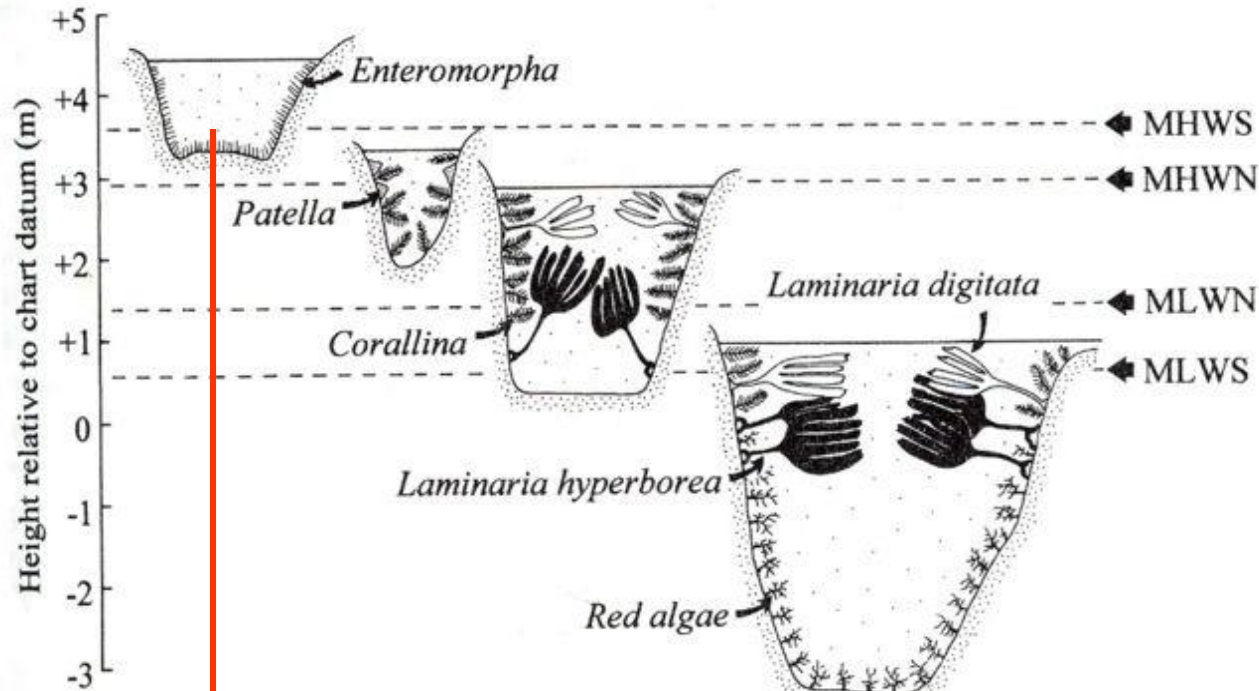
# Spásači a jejich vliv

Transekt mezi přílivovou zónou a hlubší vodou na Castle Island v Lough Ine, Irsko



# Přílivové tůně na skalnatém podloží

Schéma přílivových tůň na exponovaném pobřeží JZ Irska

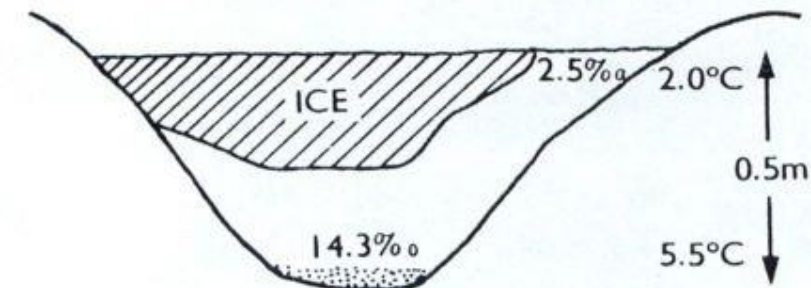


Velmi chudé společenstvo, silný vliv vysychání a kolísání salinity

Společenstvo i podmínky prostředí podobné sublitorálu

Dominance klanonožce *Tigriopus fulvus* – až  $720 \times 10^3 \text{ m}^{-2}$

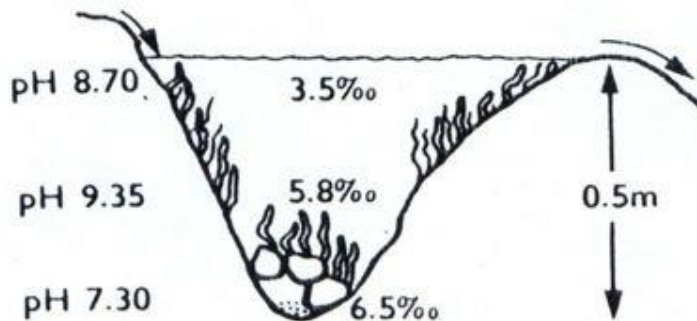
## Salinita a pH v tůních na skalnatém pobřeží



**Stratifikace salinity pod ledem:**  
V důsledku zamrznutí vody na povrchu se u dna zvýší salinita

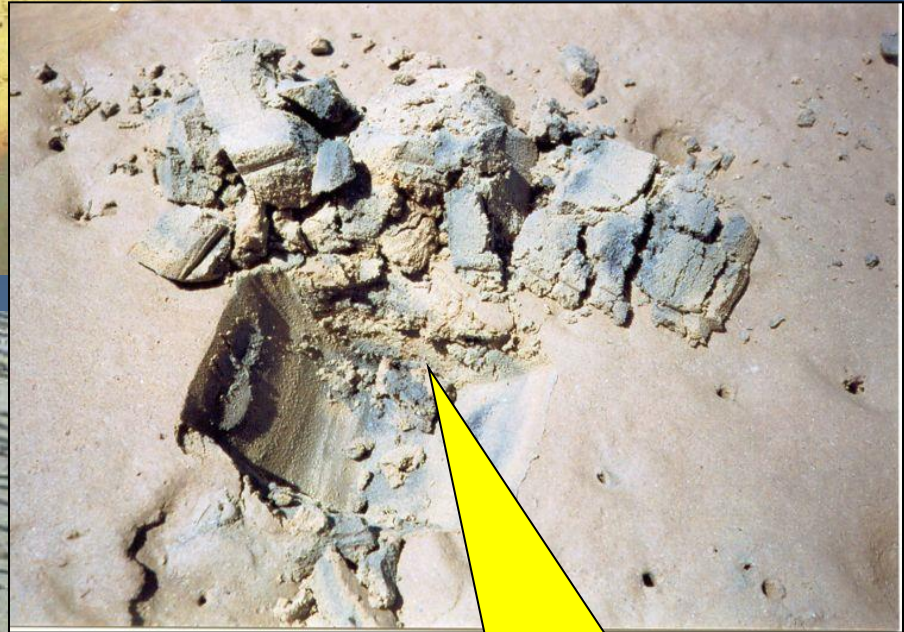


**Stratifikace teploty a salinity:**  
Tato stratifikace vydrží po roztátí ledu v klidné vodě několik dní



**Stratifikace pH a salinity:**  
Stratifikace v důsledku zaplavení dešťovou vodou a částečně v důsledku rozkladu organického materiálu na dně

# Písčité a bahnitá pobřeží



Černé sulfidové bahno

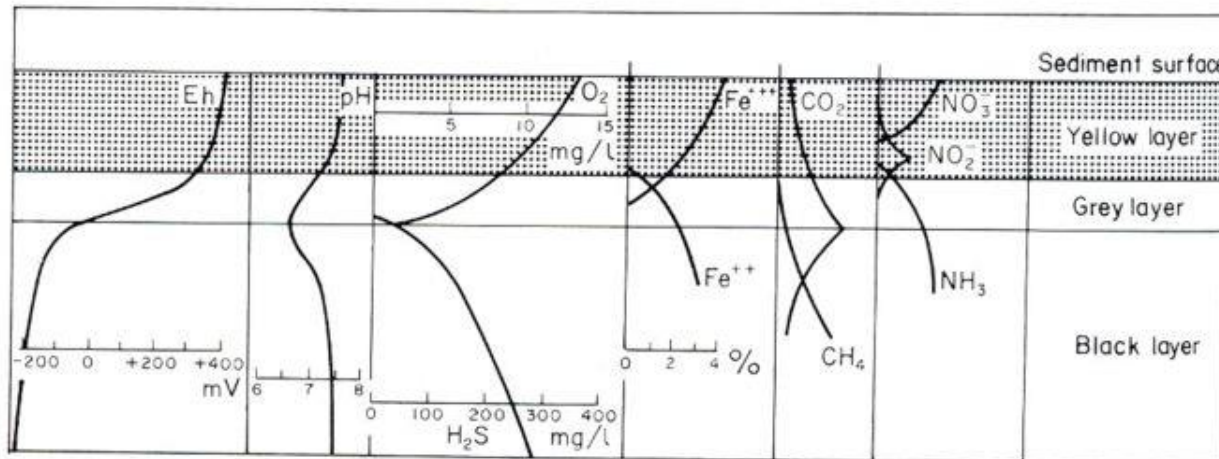
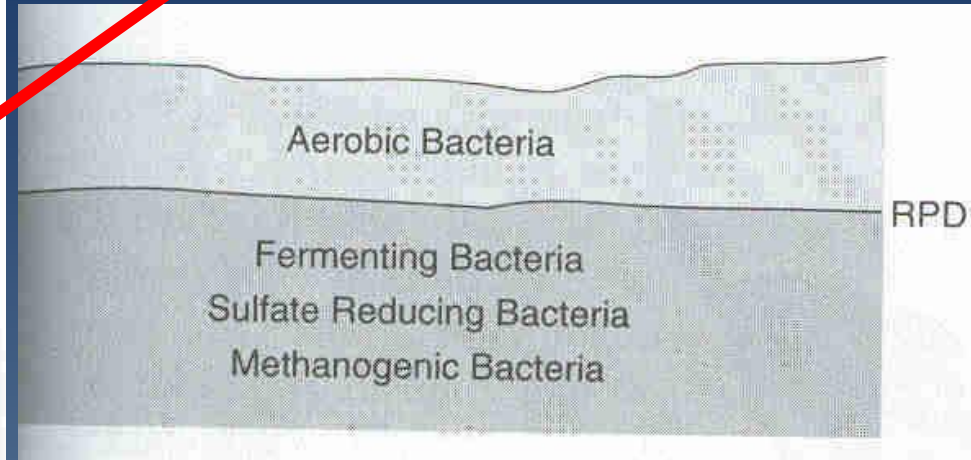
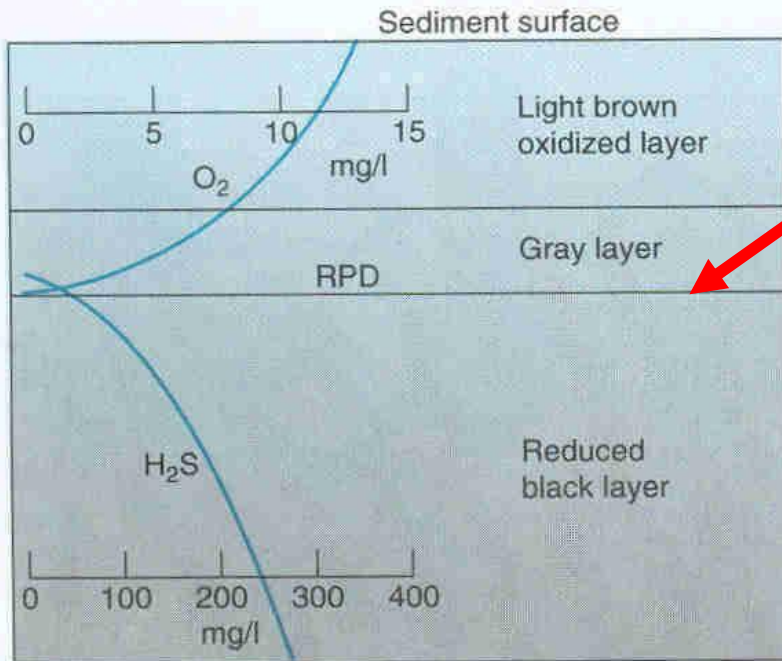


## Charakteristika biologických složek písčitého litorálu (pláže u Sopot, Polsko, 1998-1999)

Funkční skupina	Počet druhů	Hlavní zóna výskytu	Biomasa v plážovém sedimentu [g C m <sup>-2</sup> ]	Produkce v plážovém sedimentu [g C m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	Funkce
Mikrofytobentos (zejm. rozsivky)	50	Horní 1 cm	5	55	Primární produkce, fixace uhlíku a živin
Meiofauna (zejm. Nematoda)	500 ?	Horních 20 cm	0.15	2	Fragmentace org. hmoty, akcelerace mineralizace
Baktérie, mikrohouby	> 1000 ?	Horních 50 cm	1.4-10	100-700	Mineralizace org. hmoty, koloběh živin
Makrofauna (zejm. koryši a měkkýši)	20	Horních 5 cm	3	1	Fragmentace organické hmoty, spotřeba
Vrcholové trofické skupiny (zejm. ryby a bahňáci)	10	V blízkosti písčitého povrchu dna	0.1	0.1	Spotřeba makrofauny, přenos energie do sublitorálu

# Podmínky prostředí

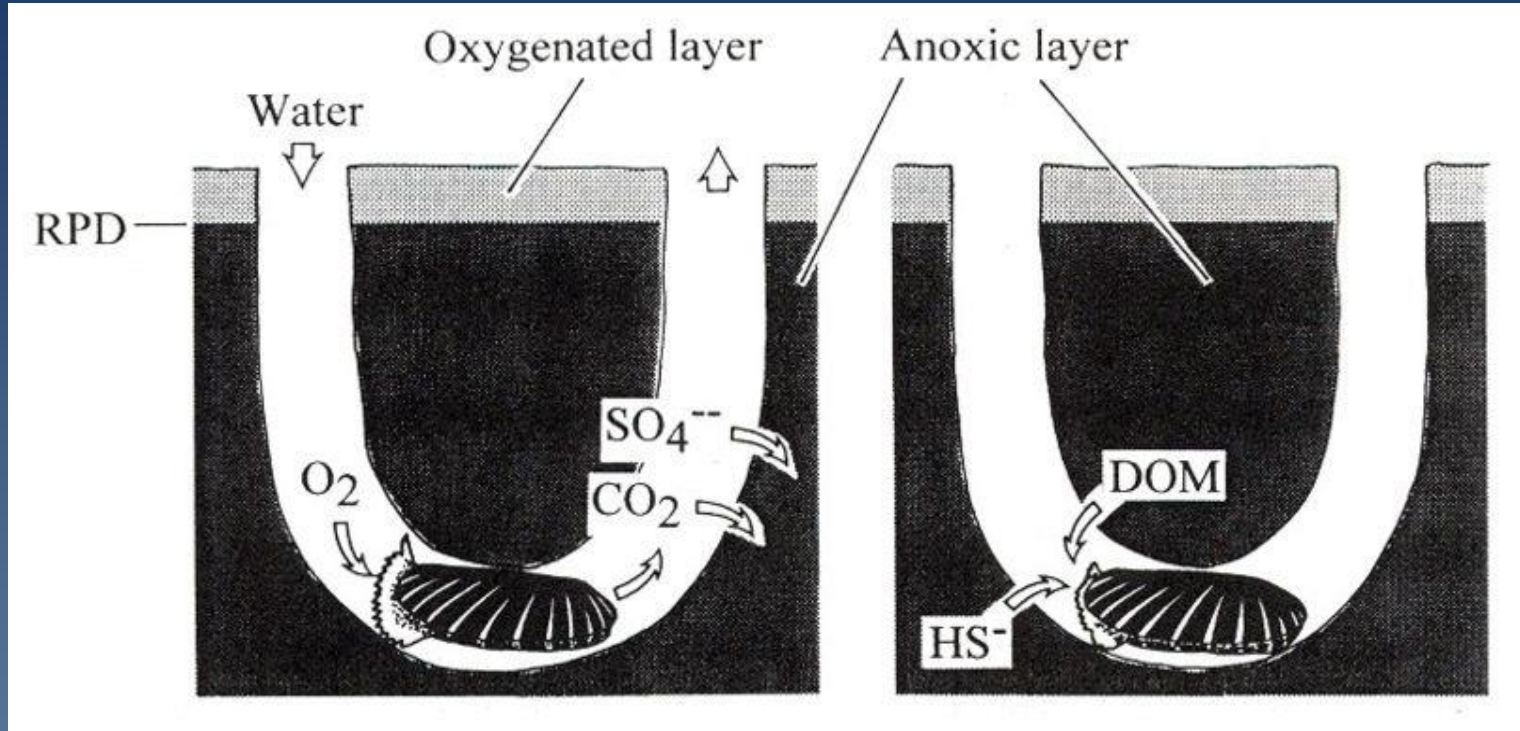
Redox potential discontinuity (RPD)



- Absence světla
- Absence kyslíku
- Redukční podmínky
- Redukce prostoru

# Jak přežít absenci kyslíku v sedimentech ?

Metabolismus mlže *Solemya reidi* v jeho norách (Z pobřeží USA)

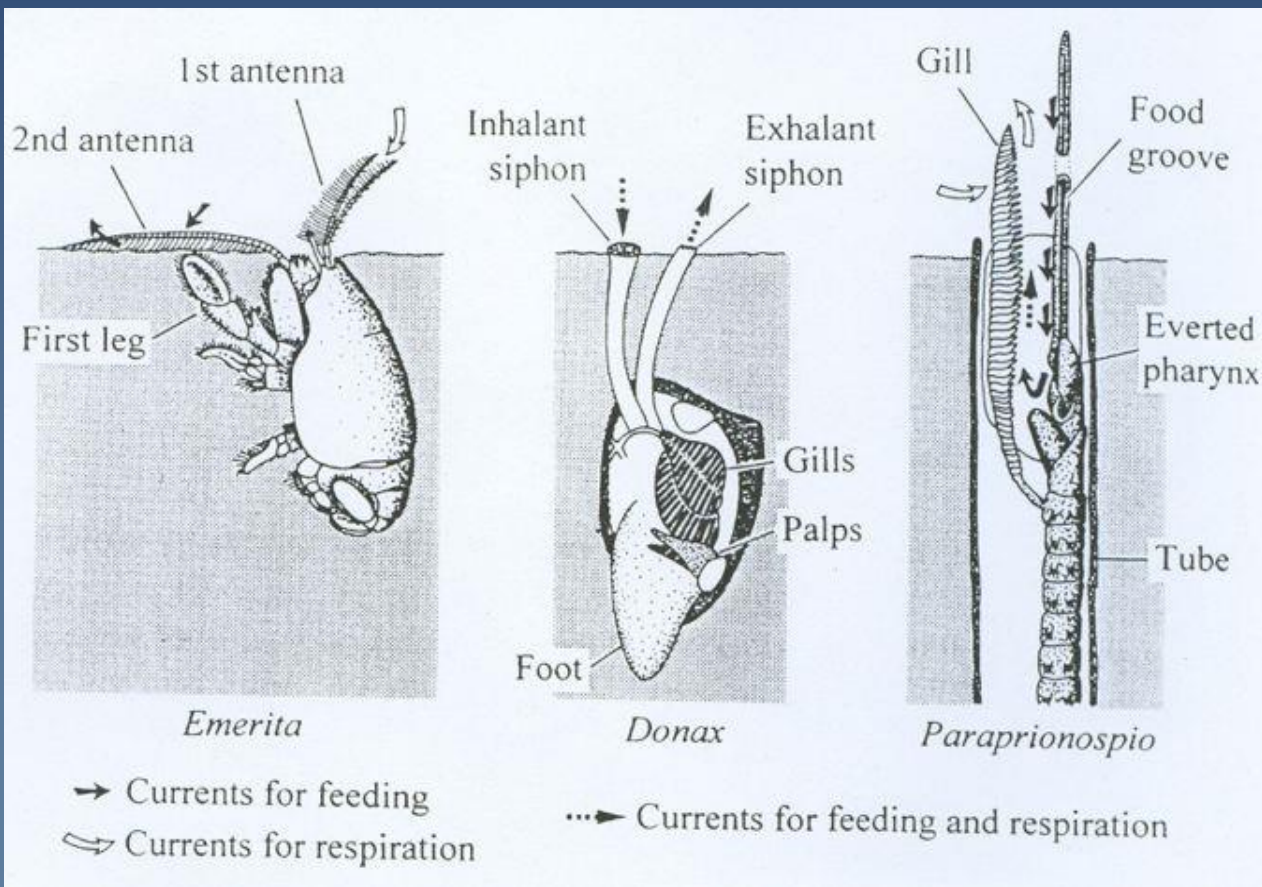
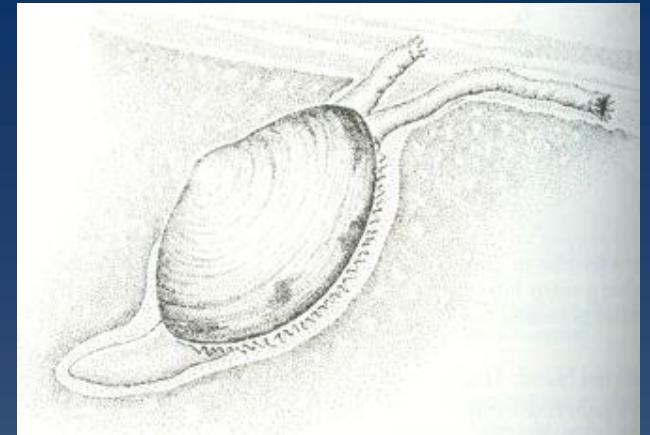


Pokud neventiluje, získává mlž z anoxického prostředí sedimentu sulfan  $H_2S$ ; během ventilace naopak využívá kyslík k oxidaci sulfidu na sulfát  $SO_4^{2-}$

Energie získaná oxidací je využita symbiotickými bakteriemi na žábrách k fixaci  $CO_2$  a tvorbě organických látek (zásobujících i hostitele)

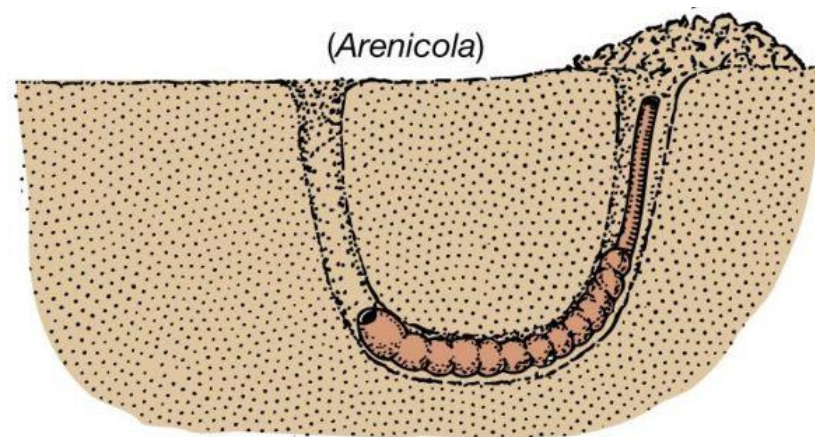
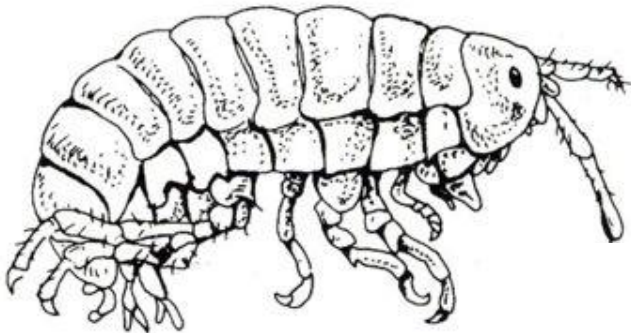
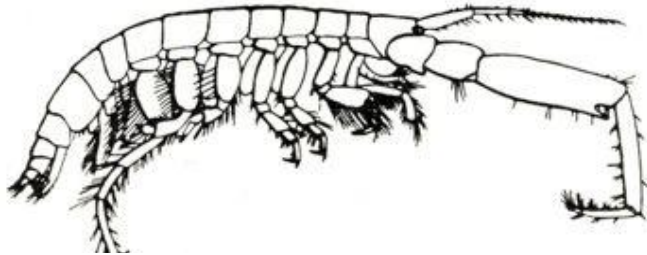
Kdo se čím živí...

## Filtrátoři (suspension feeders)

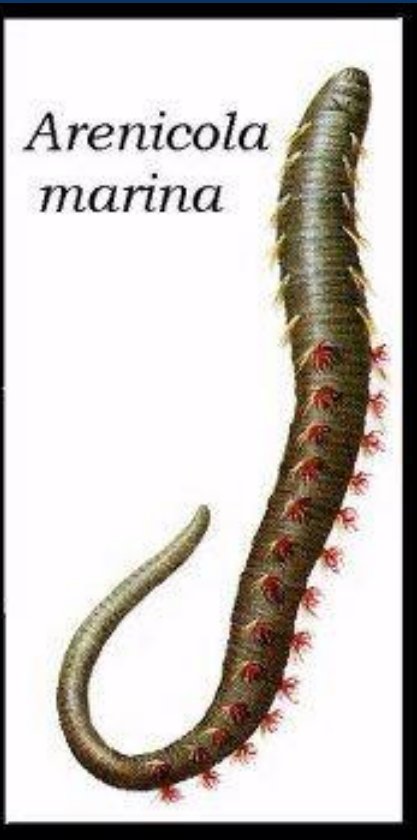


Konzumenti substrátu  
(Deposit feeders)

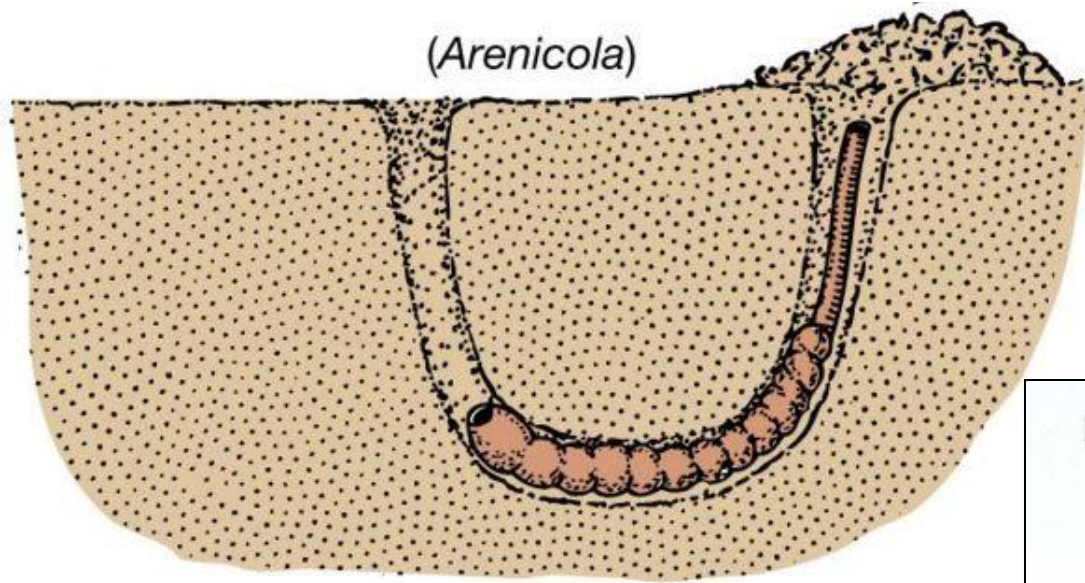
Co žerou?  
detritus a biofilm



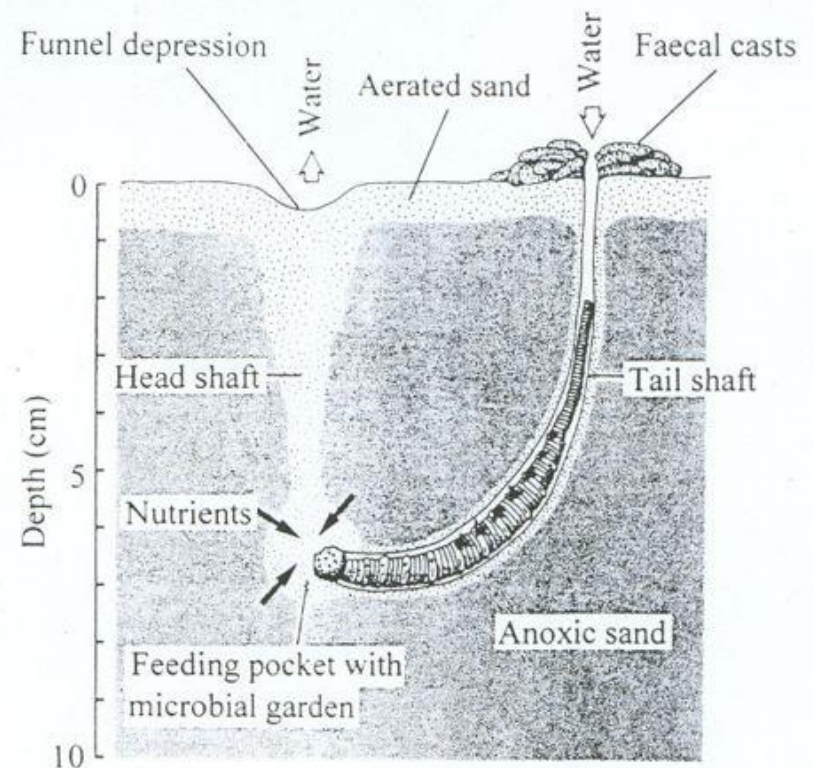
Konzumenti substrátu  
(Deposit feeders)



(*Arenicola*)



pískovník rybářský  
(*Arenicola marina*)

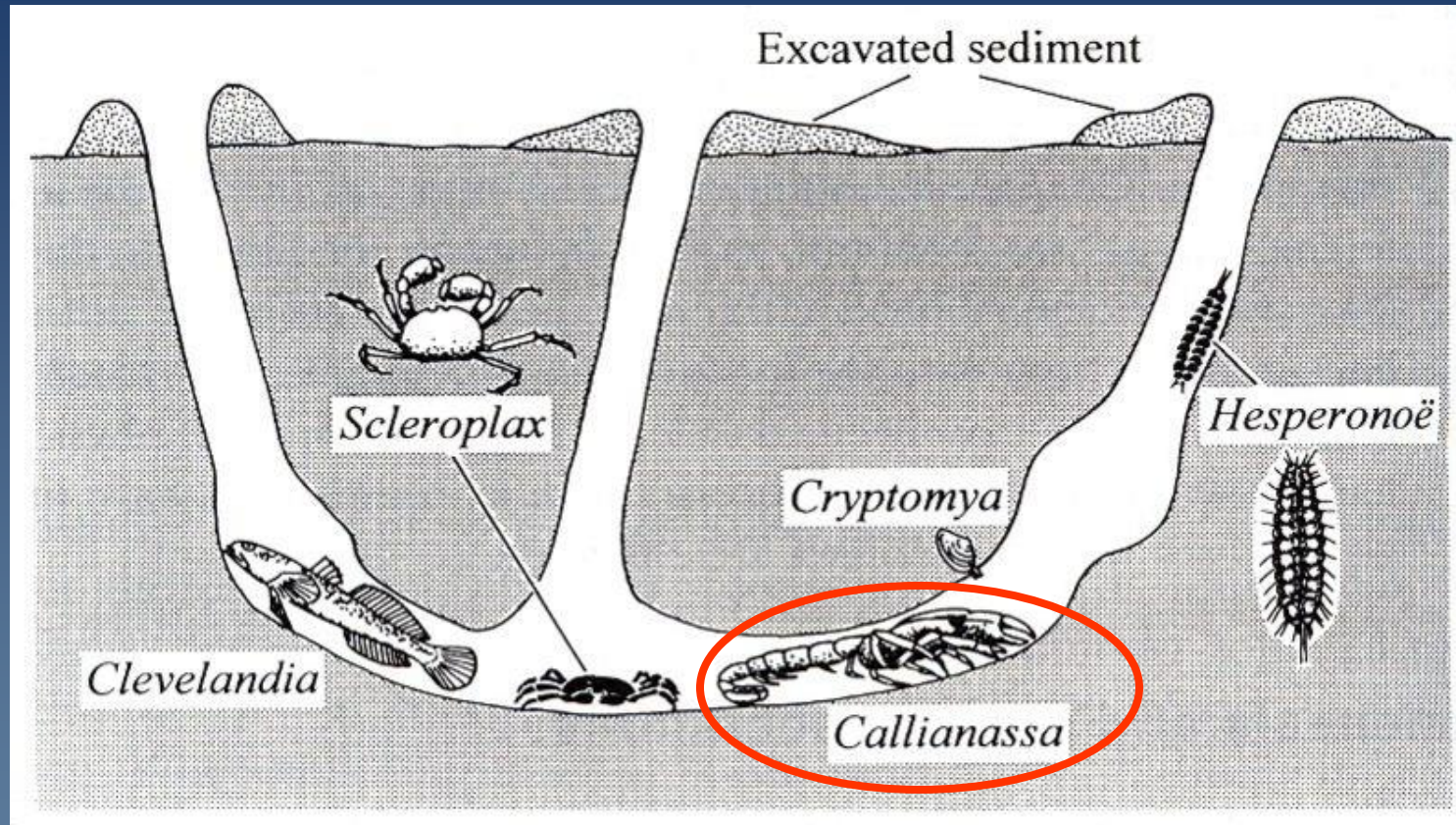




Konzumenti substrátu  
(Deposit feeders)

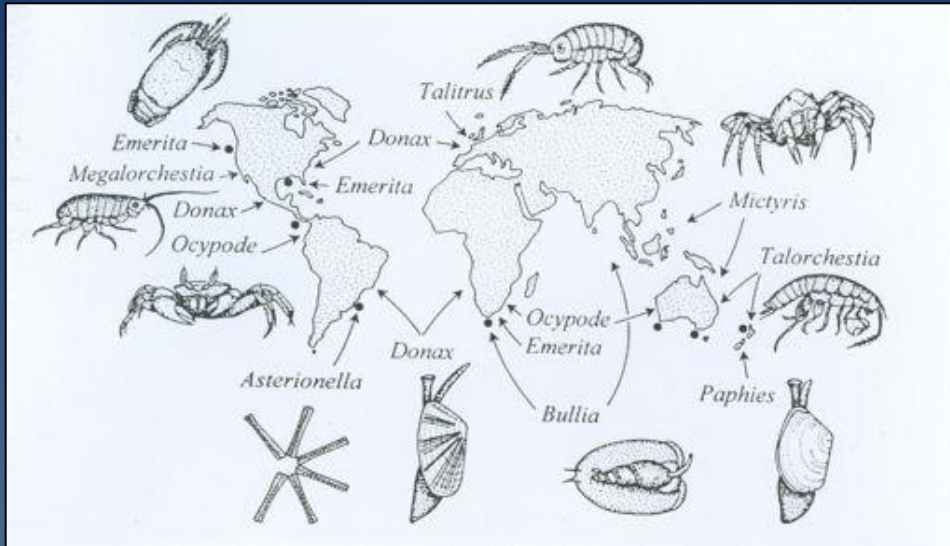


# Komenzálové v norách

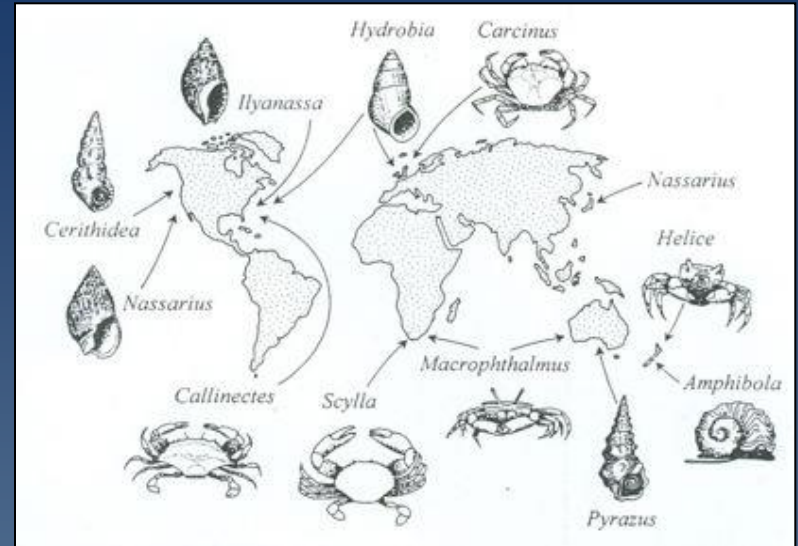


# Distribuce organismů jemných sedimentů

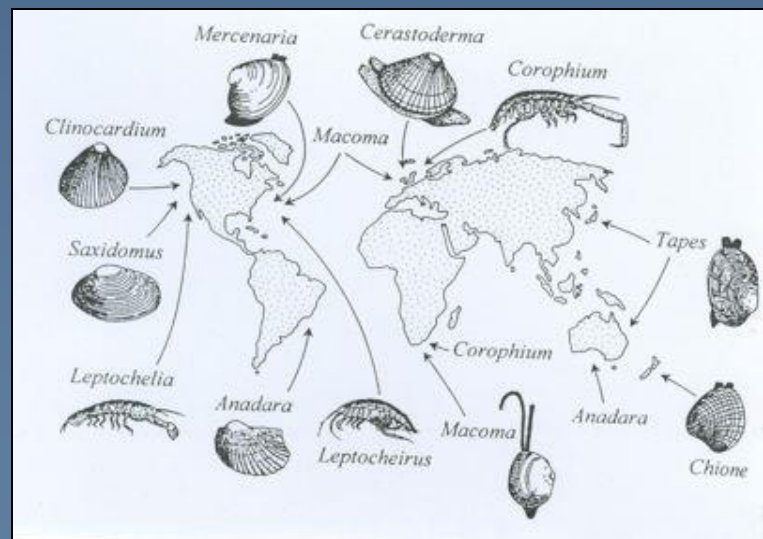
## Organismy písčitých pláží



## Epifauna bahňitých sedimentů

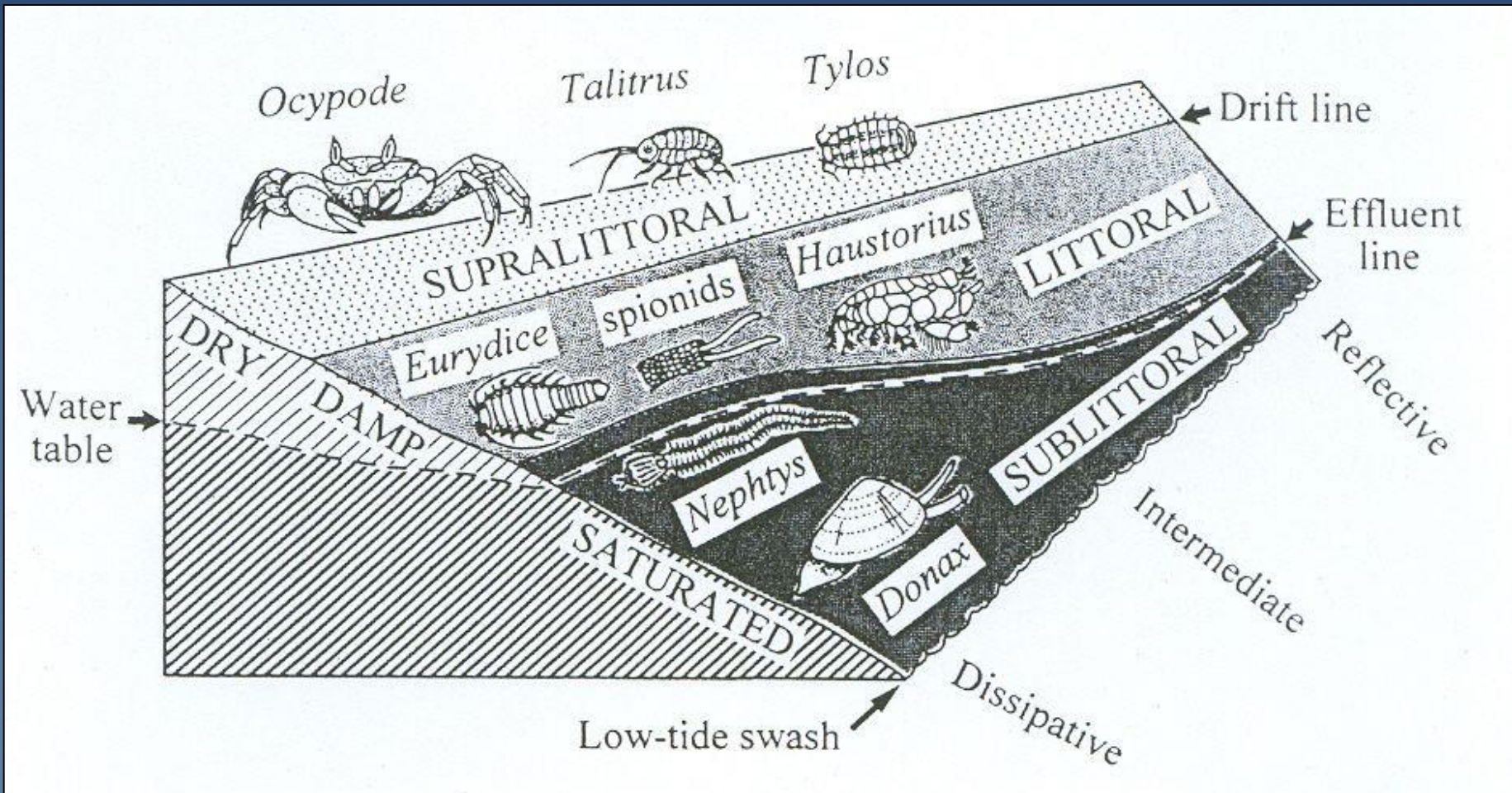


## Infauna bahňitých sedimentů

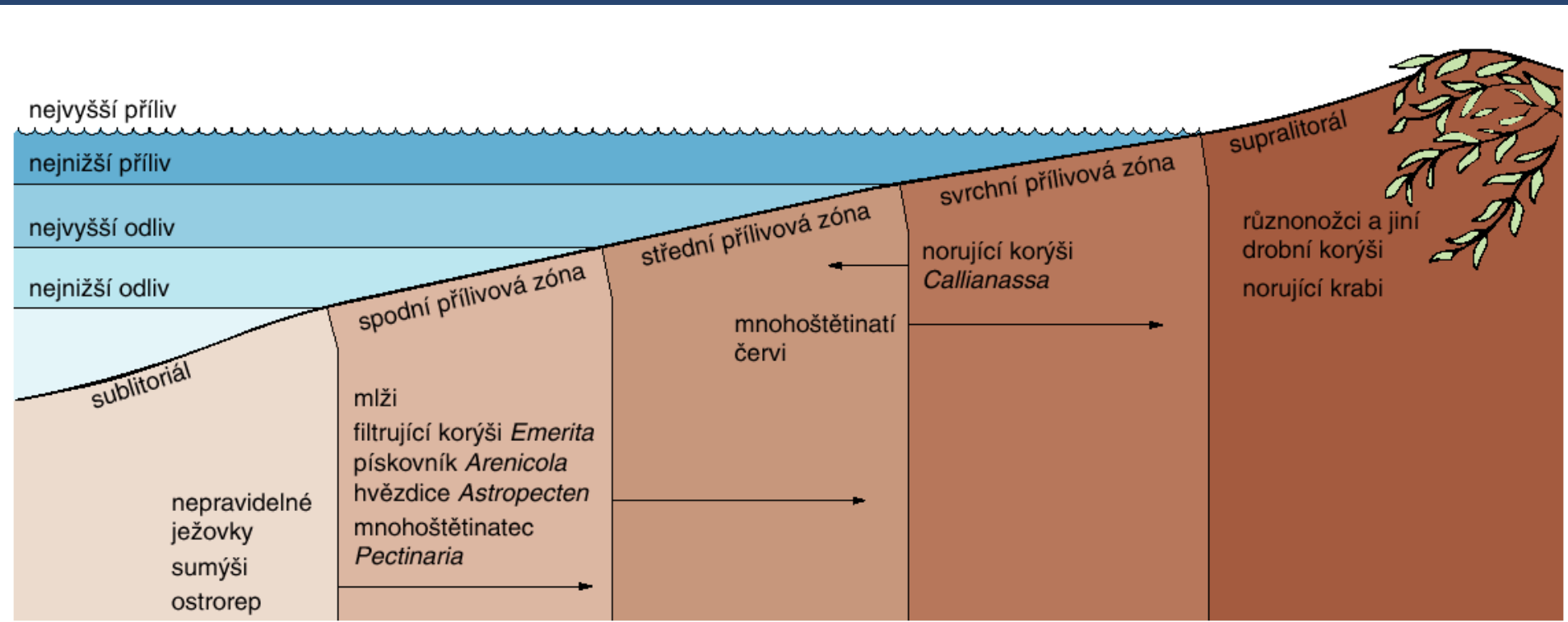


# Zonace na měkkých substrátech

- Horizontální zonace
- Vertikální zonace (mikro-/meio- a makrofauny)
- Distribuce podél gradientů salinity v estuárech

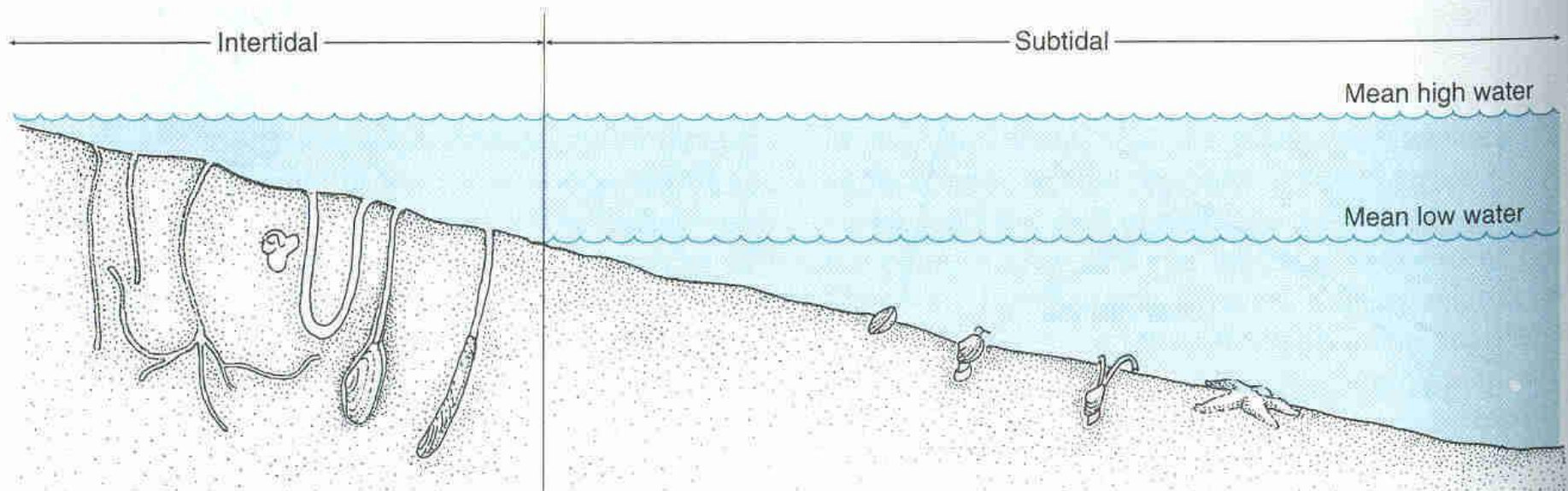


# Zonace písčitého pobřeží



# Adaptace organismů

## Teplota a vysychání

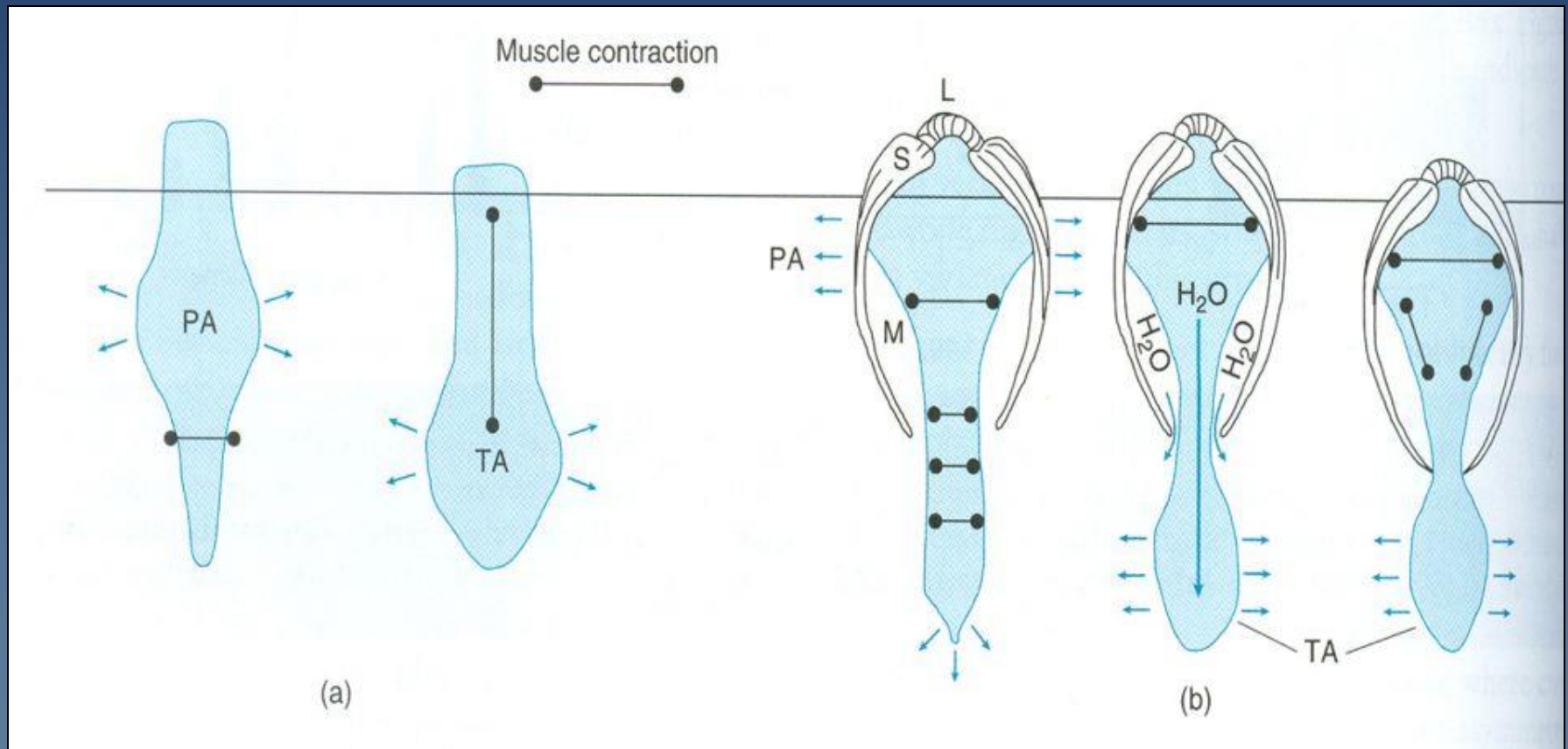


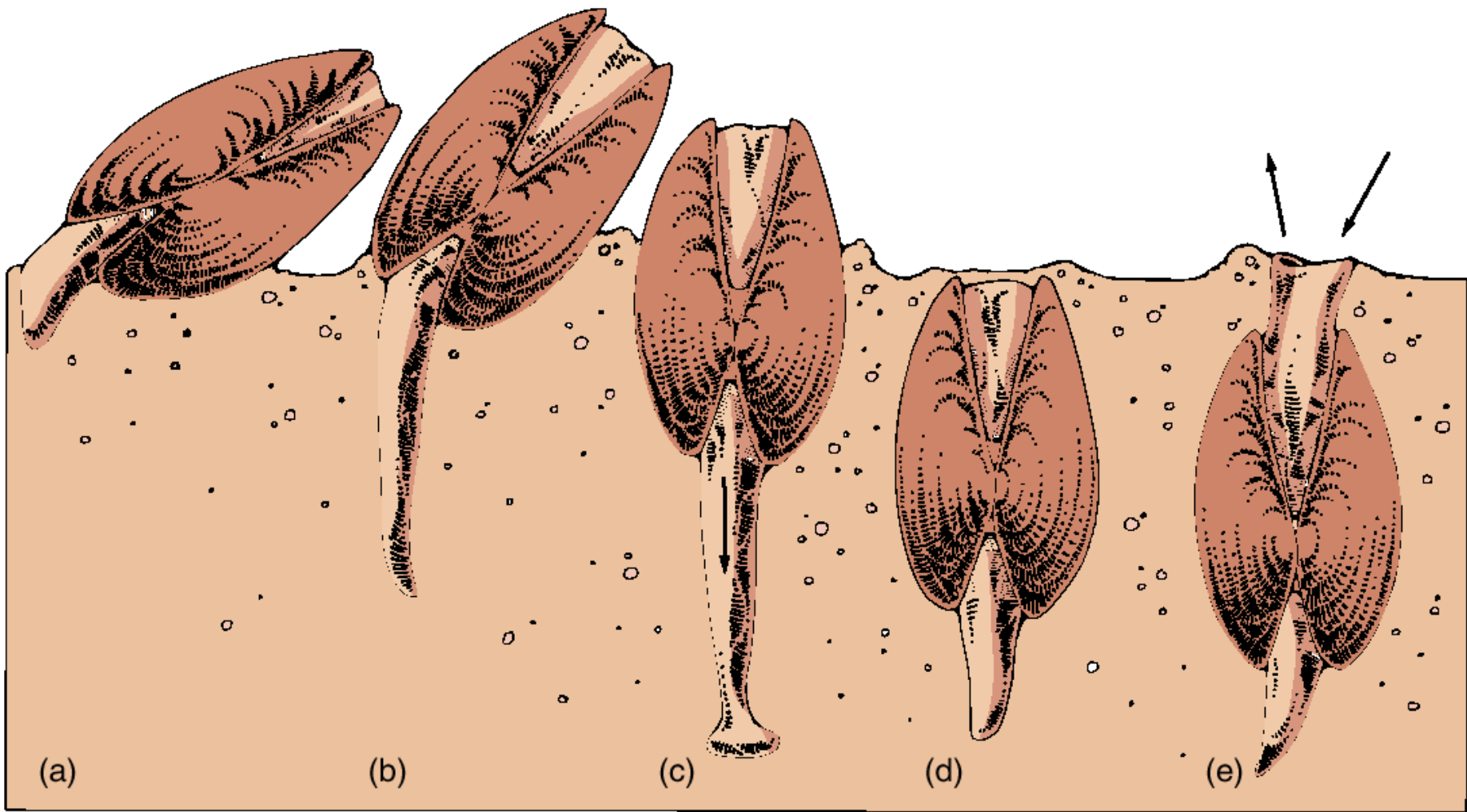
*střenka*  
(*Ensis directus*)

Druhy žijící v přílivové zóně se zahrabávají hlouběji než druhy hlubší vody v sublitorálu

# Pohyb v písčitém a bahnitém sedimentu

## Hydromechanický pohyb a ukotvení měkkých forem v sedimentu





(a)

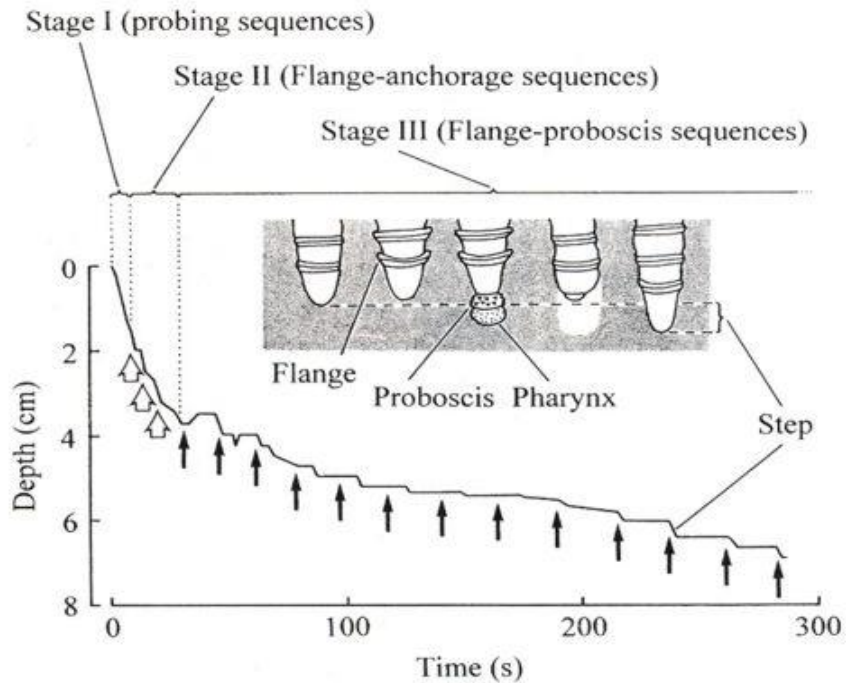
(b)

(c)

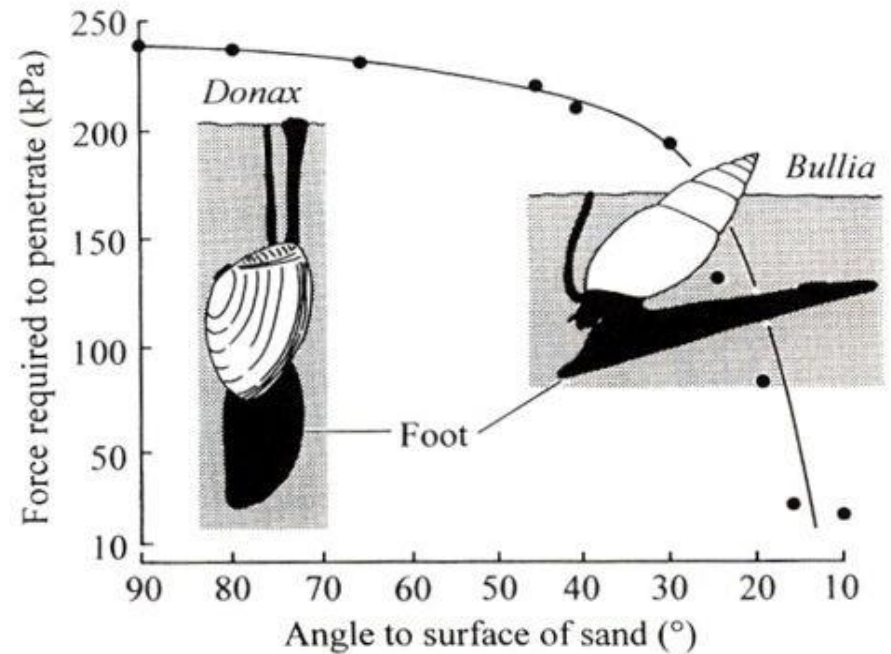
(d)

(e)

## Pronikání pískovníka (*Arenicola marina*) do písku

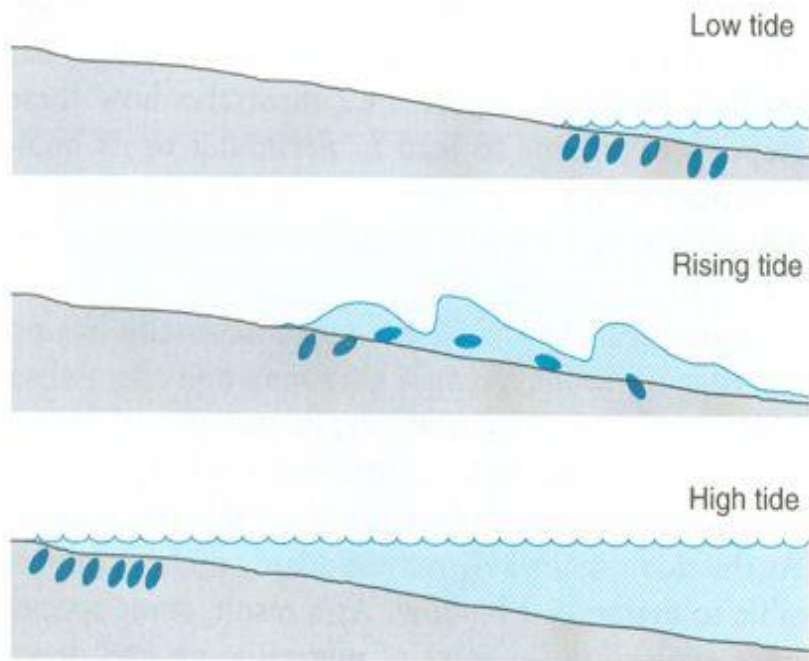


Odpor písku v závislosti na úhlu pronikání do substrátu





# „Swash riders“



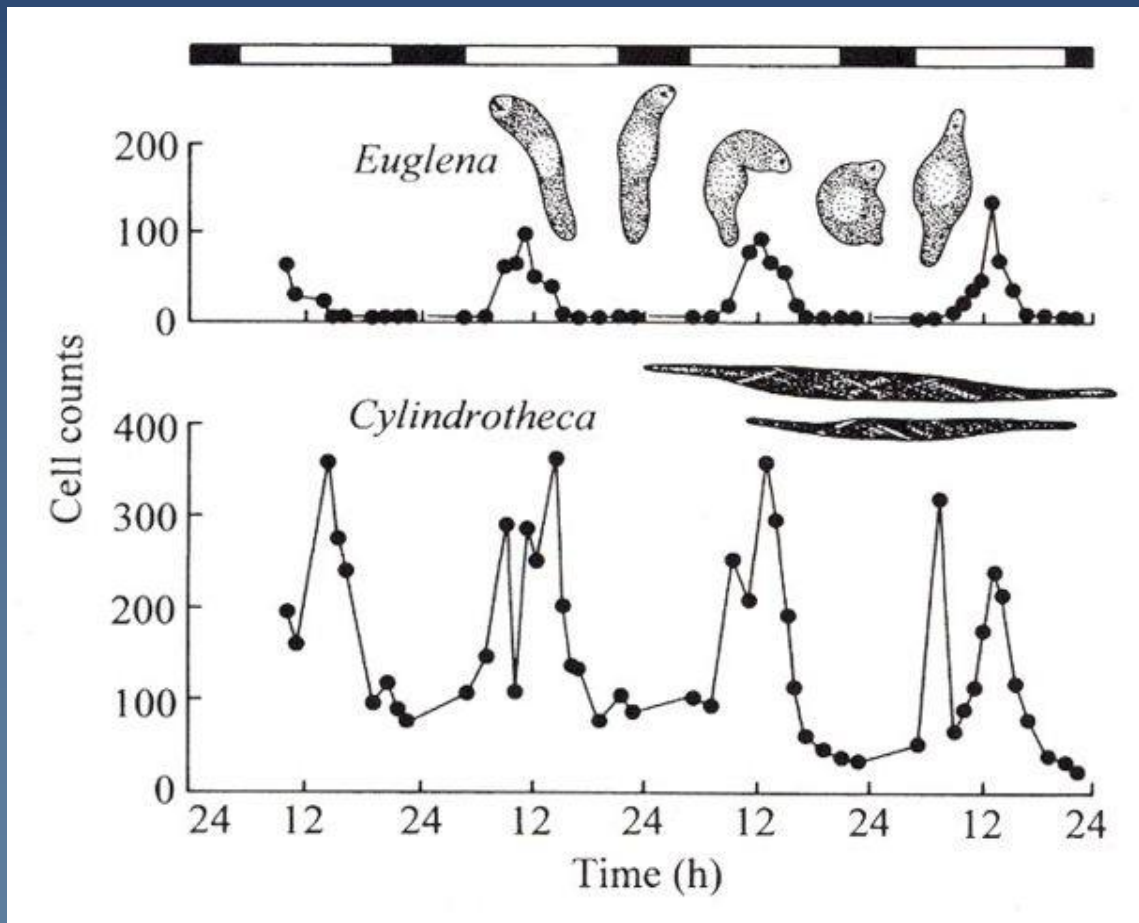
*Emerita*



*Donax*

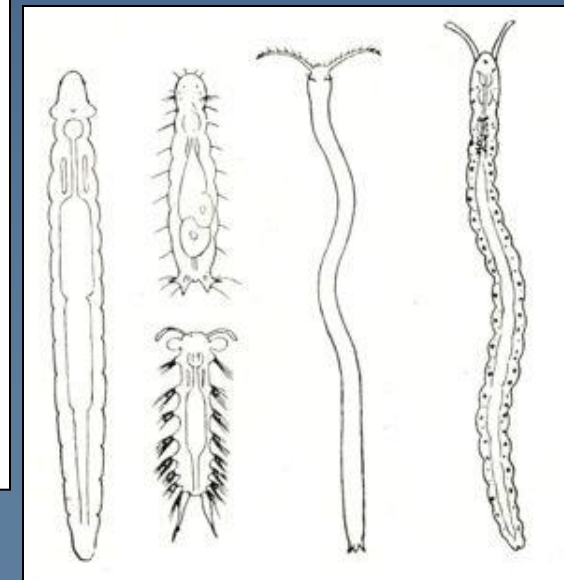
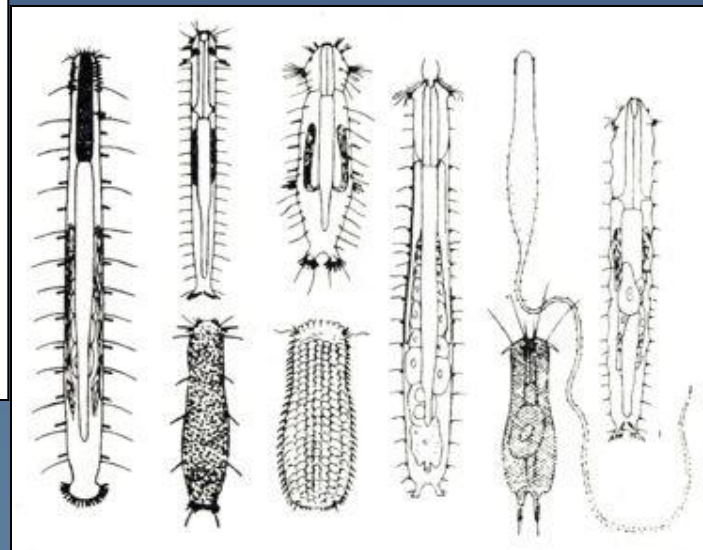
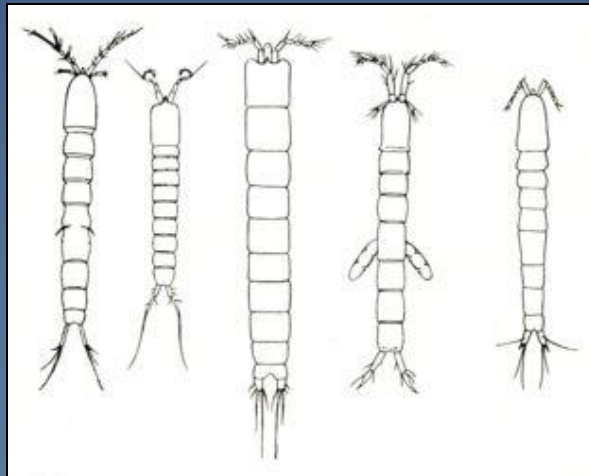
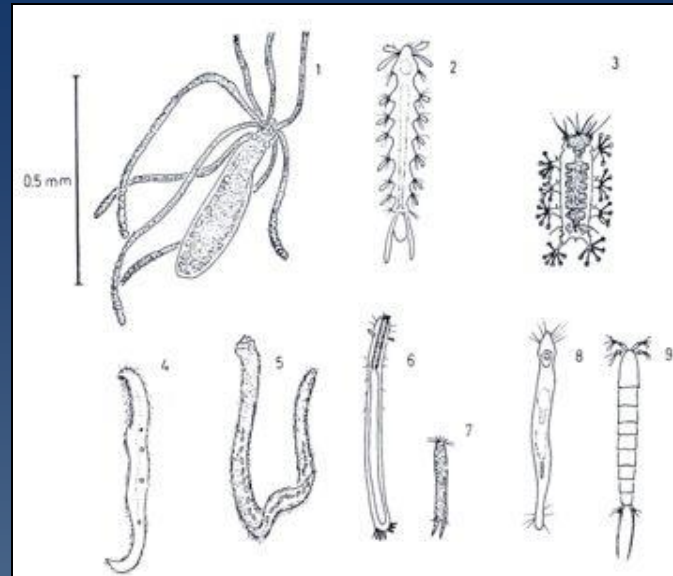
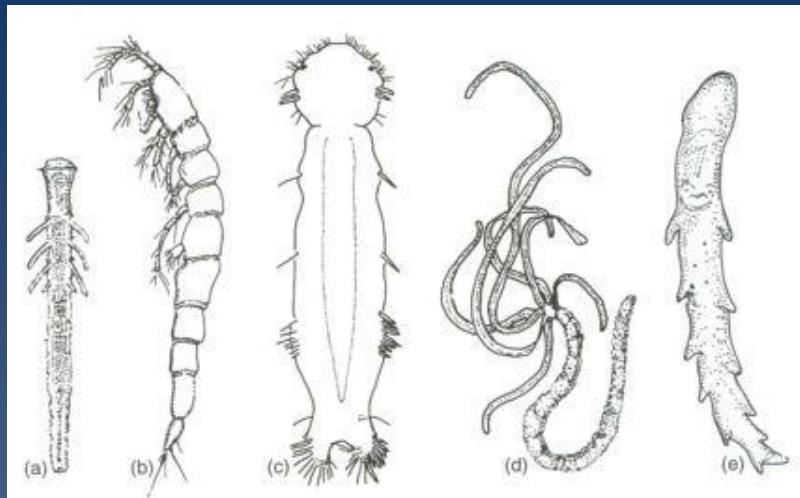
# Vertikální migrace fotosyntetizujících organismů za světlem

Vertikální migrace fotosyntetických organismů v bahnitém substrátu



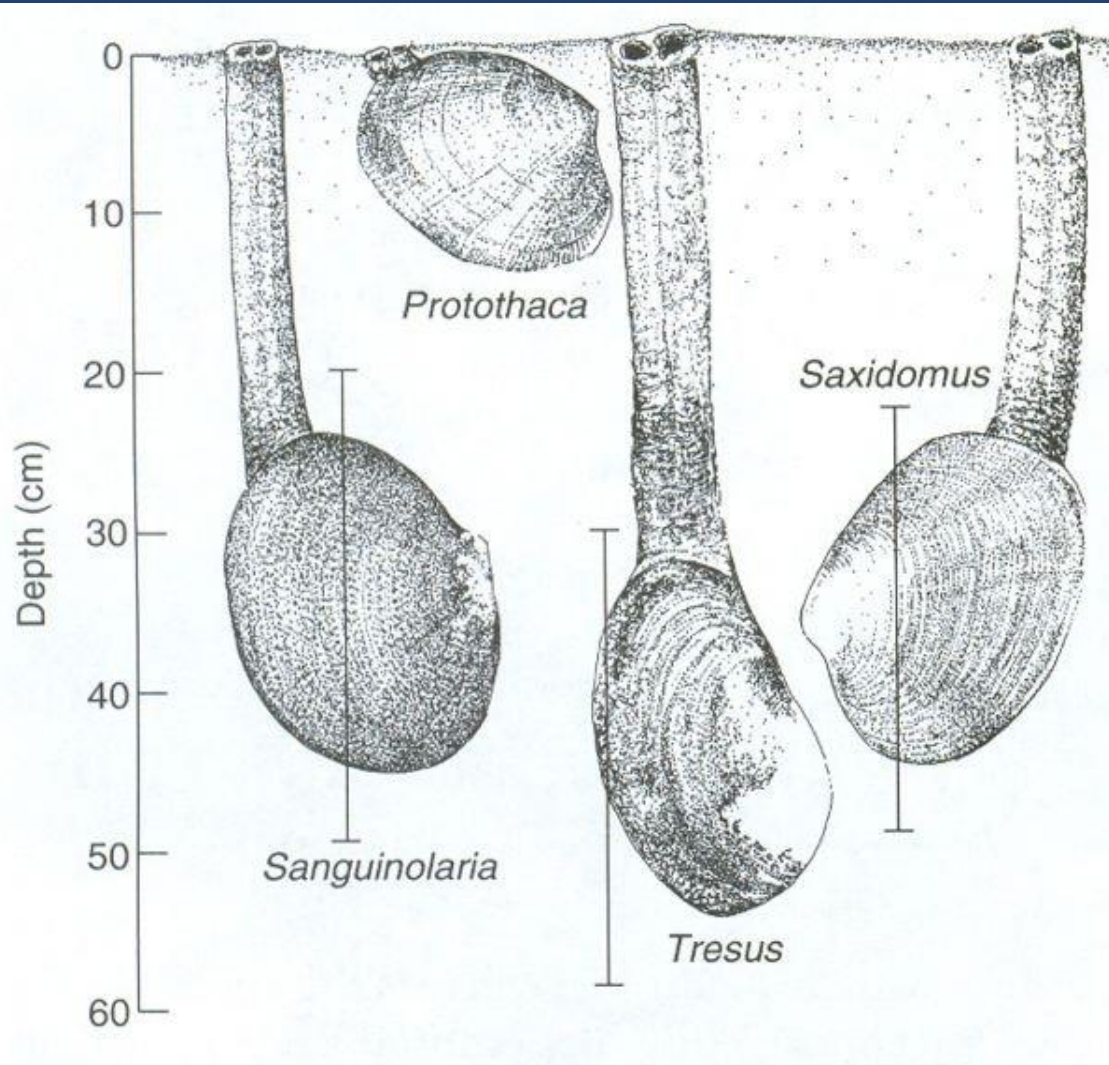
Bičíkovec *E. obtusa*  
i rozsivka *C. signata*  
migrují směrem k  
povrchu substrátu  
během denního  
světla

# Intersticiální fauna (meiobenthos, mesopsammon)



# VLIVY KOMPETICE

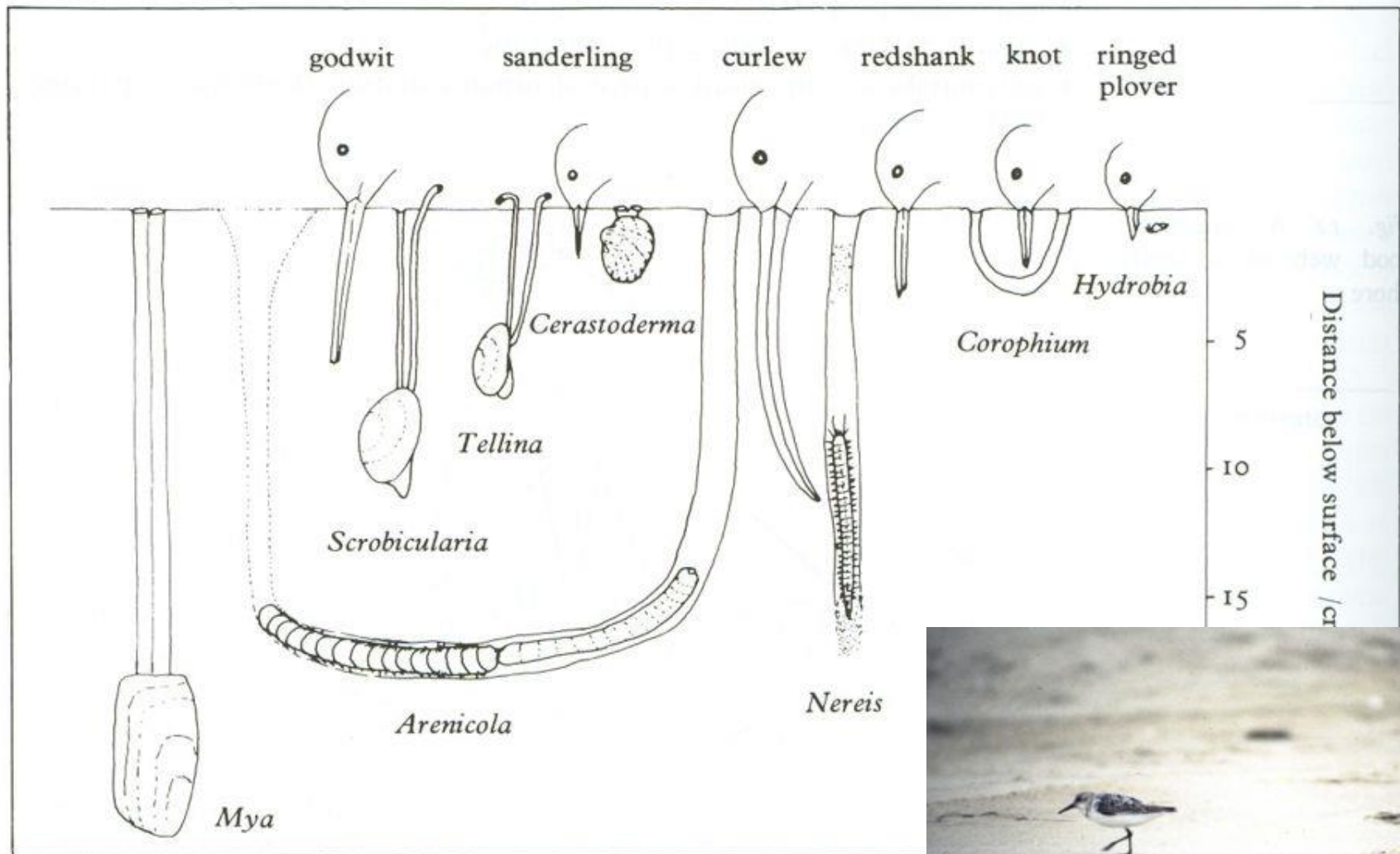
## Stratifikace mlžů v bahnitém substrátu



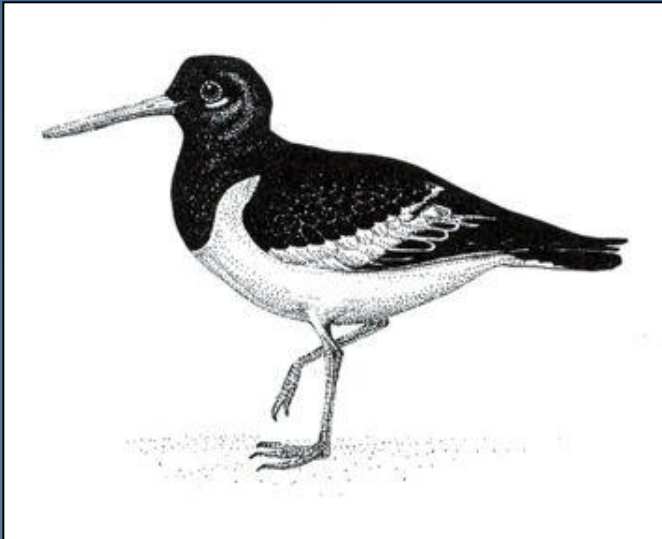
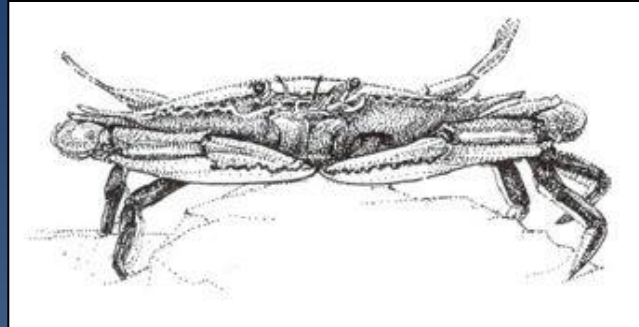
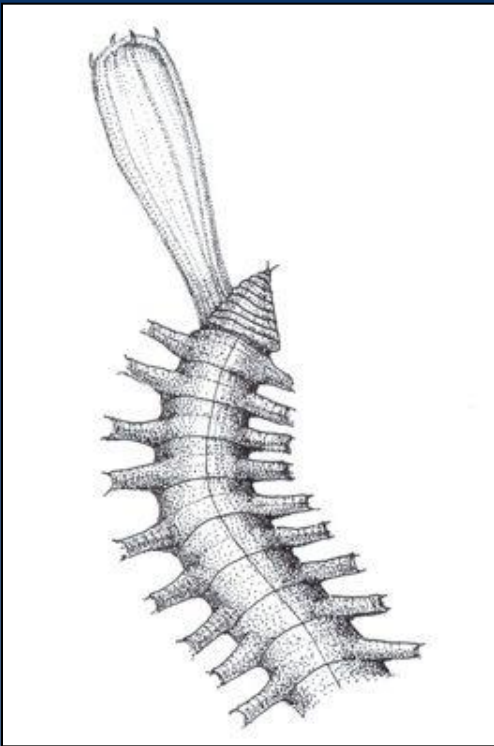
Různě dlouhé sifony  
umožňují koexistenci  
většího množství druhů

(kompetice o prostor)

# Bahňáci jako vrcholoví predátoři odlivových plošin

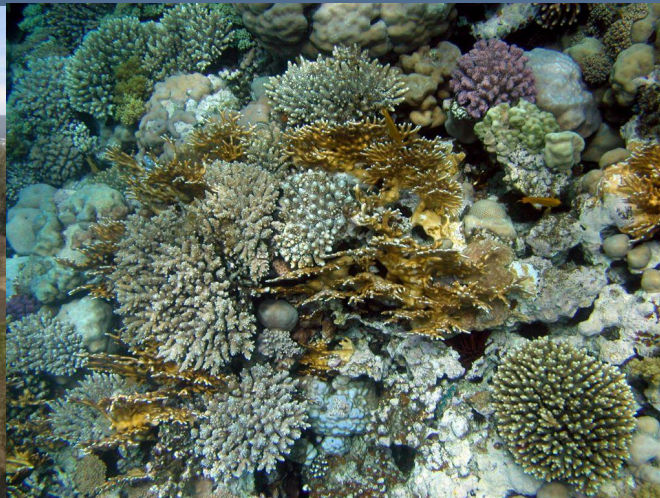


# „Lvi pláží“



# Estuáry, útesy, louky, lesy...

*aneb*  
*produktivní příbřežní ekosystémy*



# ESTUÁRY

oblasti, kde se mísí mořská voda s vodou říční, vzniká brakická voda

## ➤ Zatopená říční údolí

po poslední době ledové,  
před. 11,6 -7 tis. lety

nárůst mořské hladiny o cca 60 m

## ➤ Fjordy

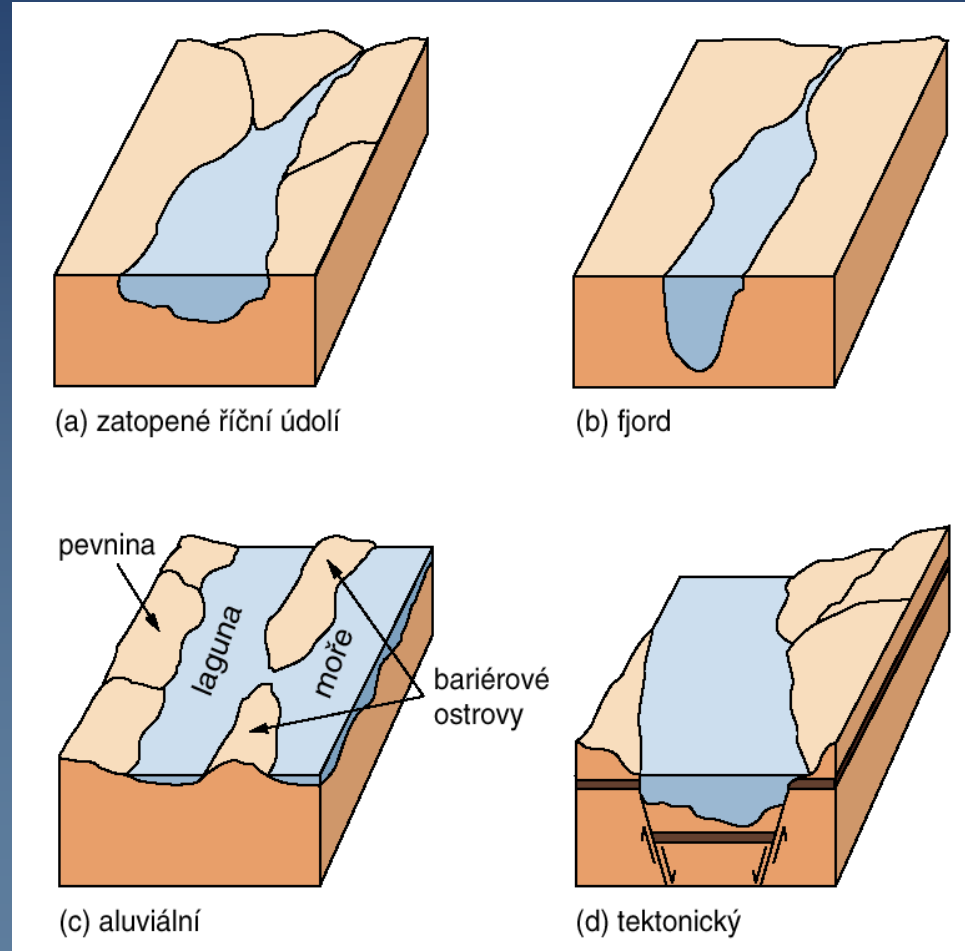
zatopená ledovcová údolí

## ➤ aluviální estuáry („mělčinové“)

písek a štěrk vytvářejí ostrůvky  
nebo dlouhé písčité výběžky –  
systémy propojených estuárů  
nebo lagun

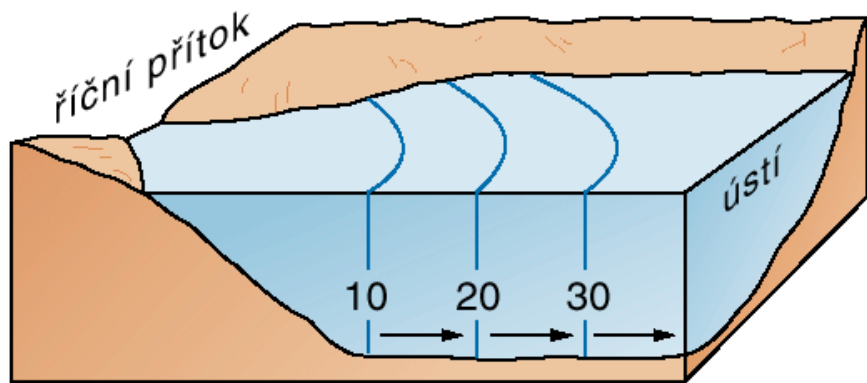
## ➤ tektonické estuáry

vzniké v geologických zlomech a  
lokálním poklesem



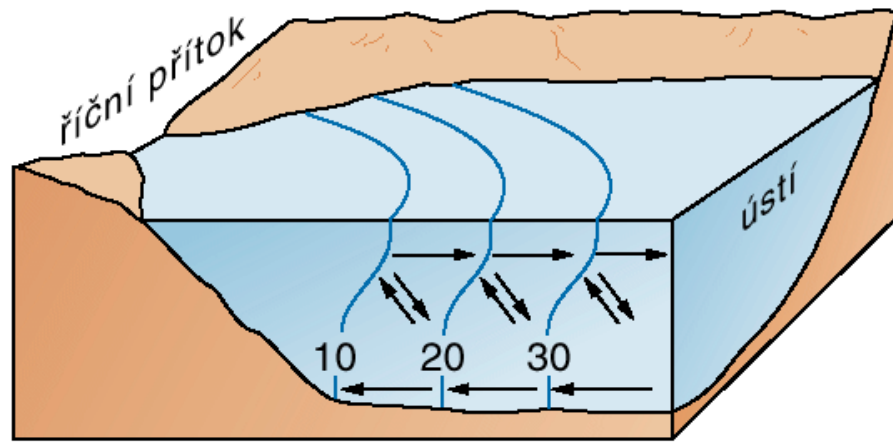


# Salinita v estuárech



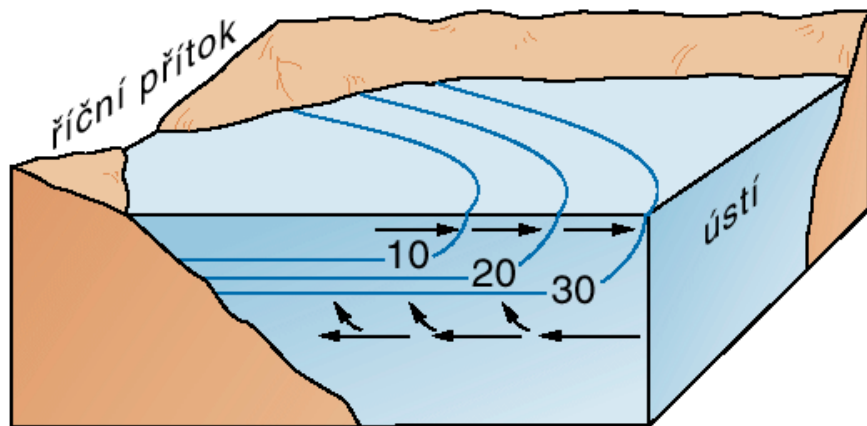
vertikální mísení

(a)



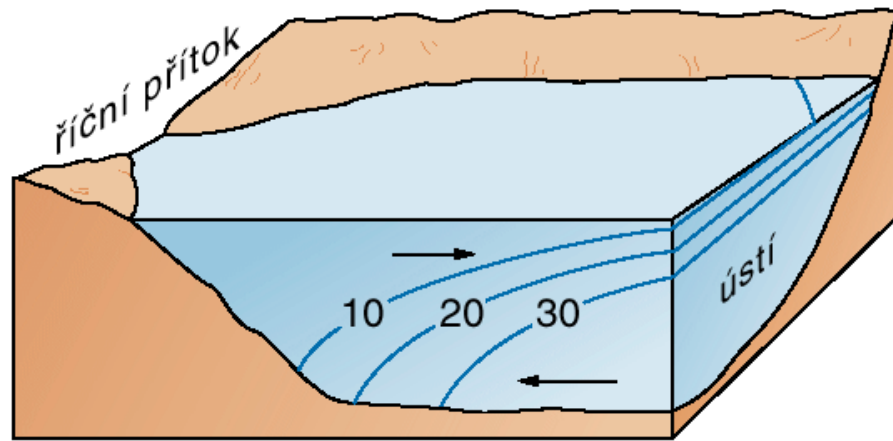
slabě rozvrstvený

(b)



silně rozvrstvený

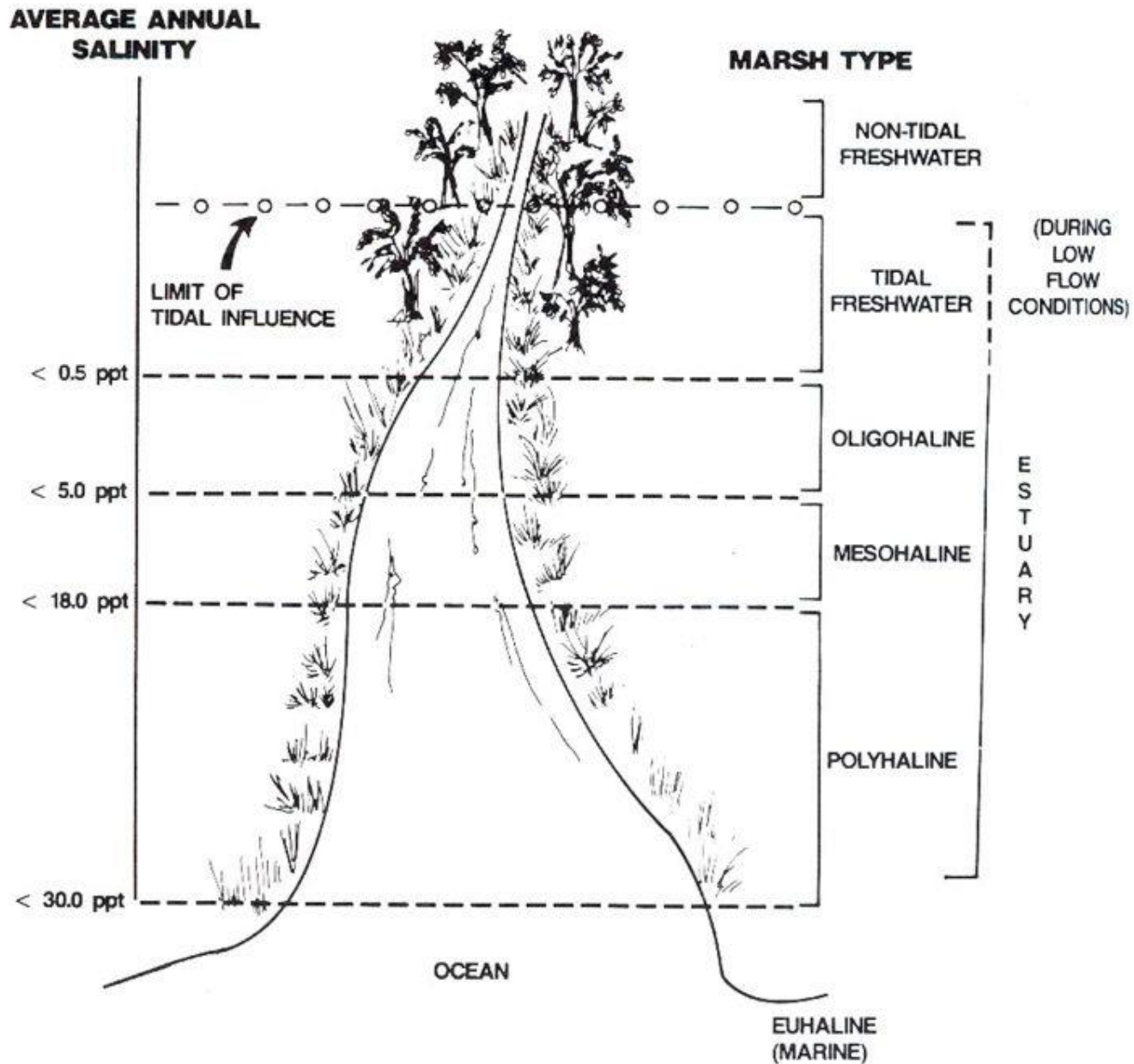
(c)



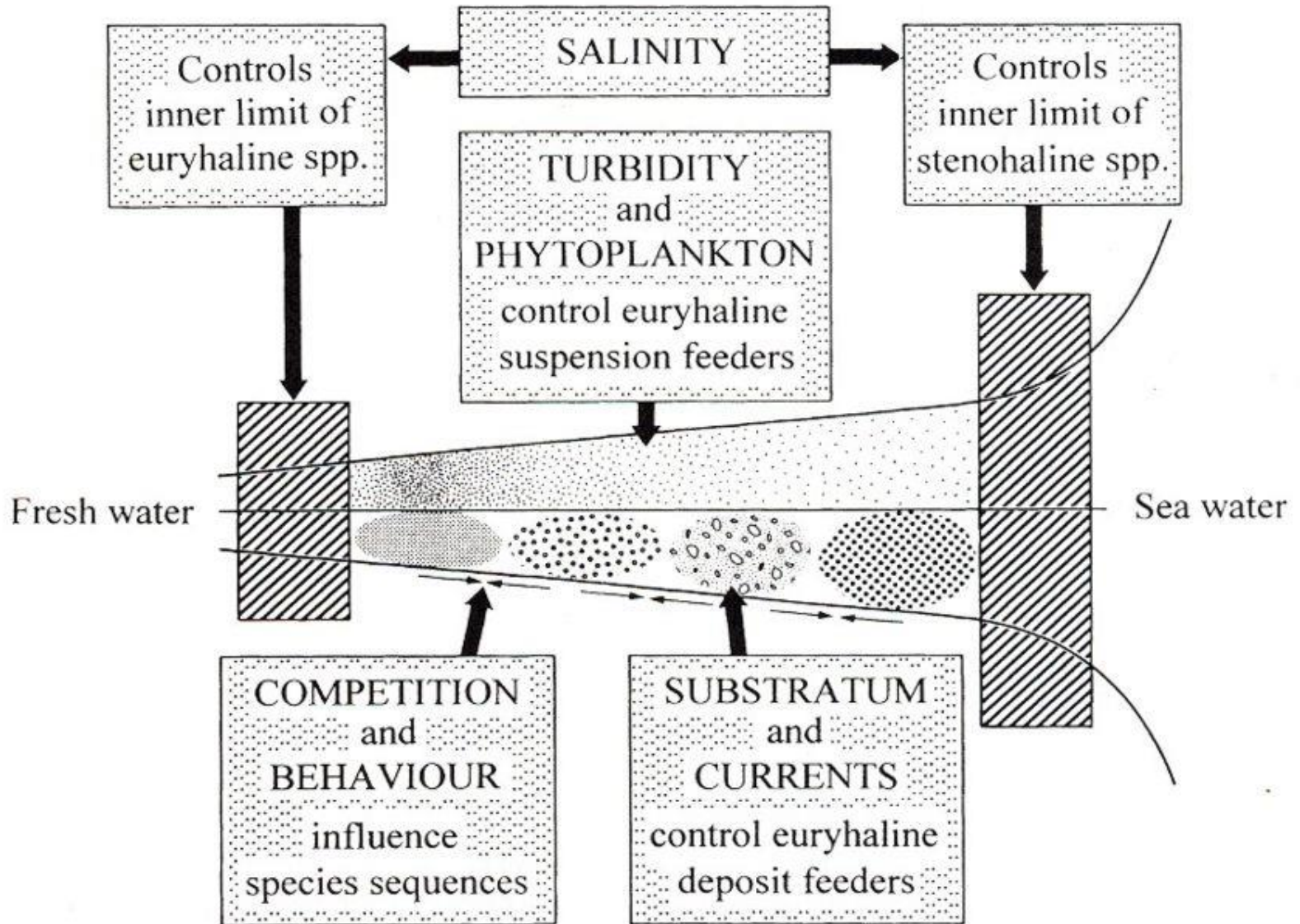
slanovodní klín

(d)

# Podélná zonace salinity v estuáru



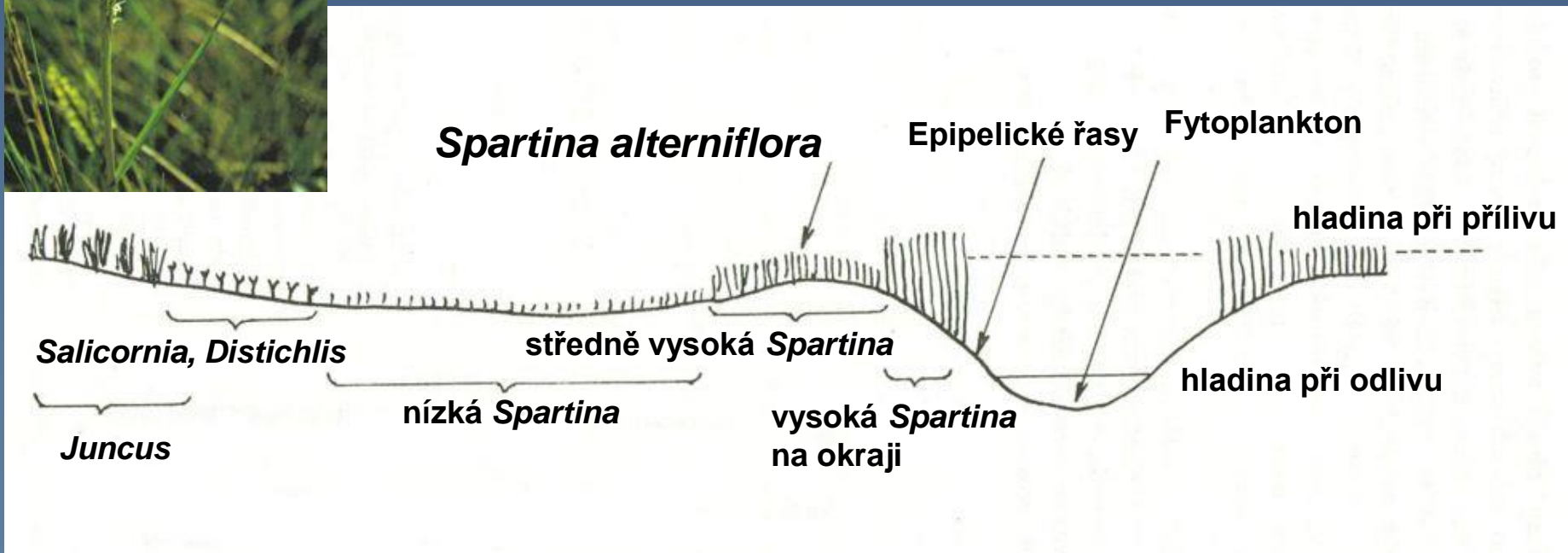
# Schéma vlivu různých parametrů na distribuci organismů (zejména bentických živočichů) v estuárech



# Producenti v estuárech

estuáry mívají velmi vysokou primární produkci

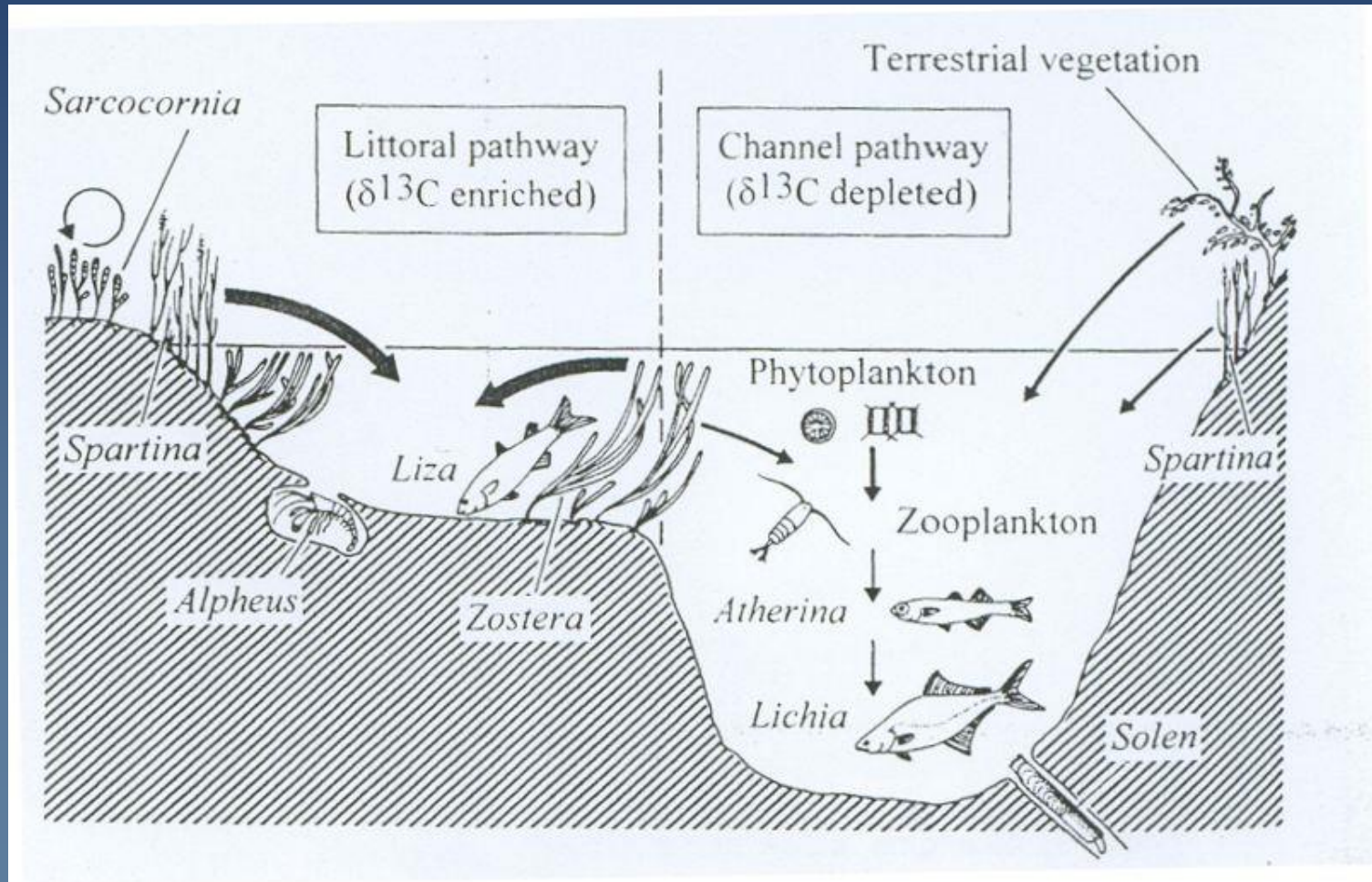
*Spartina alterniflora* - hlavní producent  
(event. mořské „trávy“ rodu *Zostera*, *Thalassia*)  
Bentické epipelické řasy  
Fytoplankton



# Estuarinní fauna využívá jak rostlinného detritu, tak produkce fytoplanktonu

- dominují toky energie přes bentický potravní řetězec

Potravní síť v Kariega estuary, J Afrika sledovaná pomocí izotopové analýzy  $\delta^{13}\text{C}$

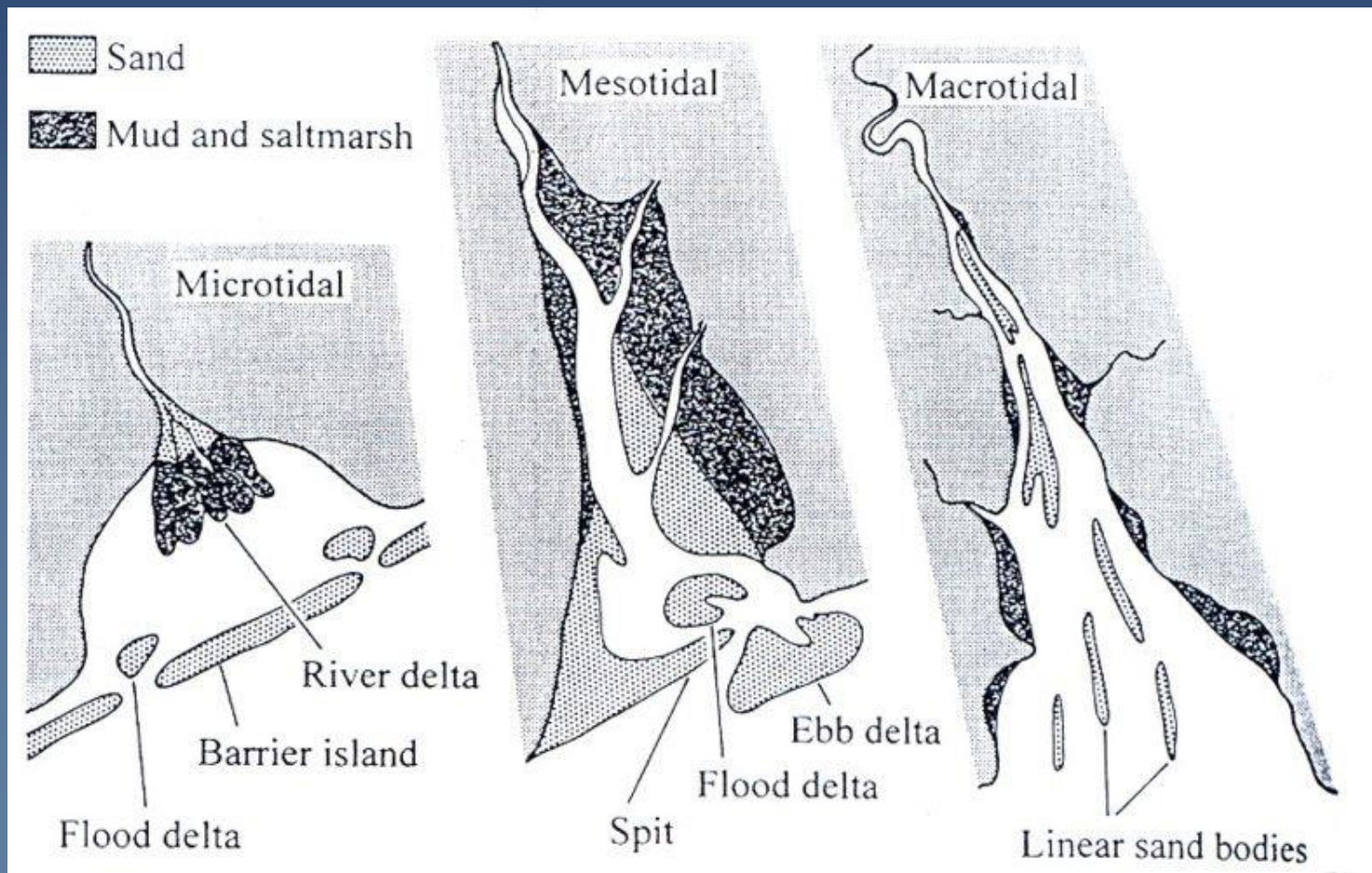


# Ukládání sedimentu v estuárech

Mikrotidální e. (microtidal estuaries) - výška přílivu menší než 2 m

Mesotidální e. (mesotidal estuaries) - výška přílivu mezi 2-4 m.

Makrotidální e. (macrotidal estuaries) - výška přílivu vyšší než 4 m



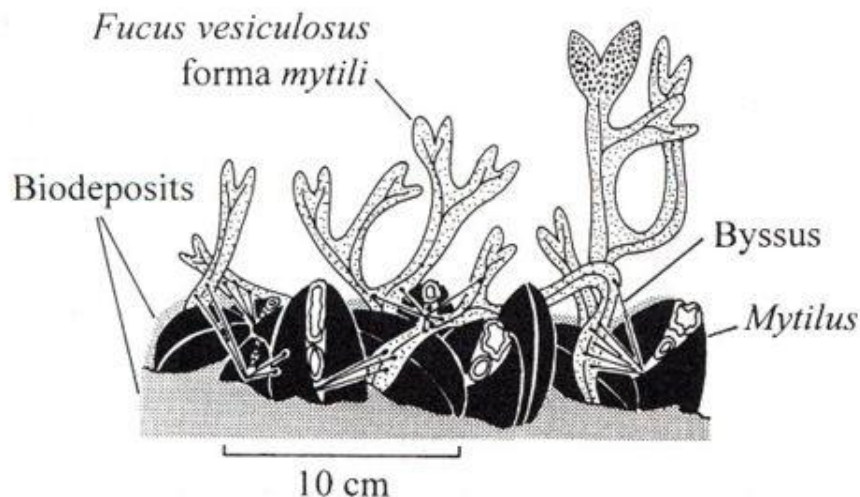
# Vliv substrátu na distribuci bentosu

Vývoj chaluh na  
lasturách slávek  
*Mytilus edulis*

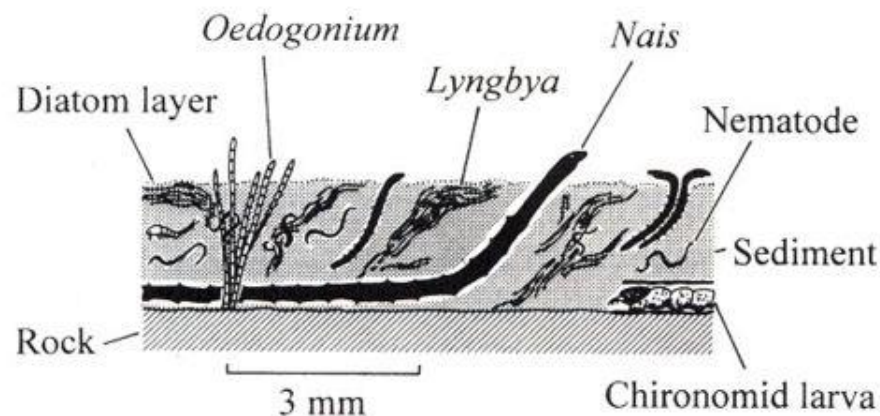
Silná populace naidek *Nais  
elinguis* (až 200 000/m<sup>2</sup>)  
v nárostech řas na jílovitém  
dně („aufwuchs“)

Příklady „tvrdého substrátu“ s pokryvem sedimentu

Mudflat mussel beds (Wadden Sea, Germany)



Aufwuchs in a coastal lagoon (Swanpool, UK)

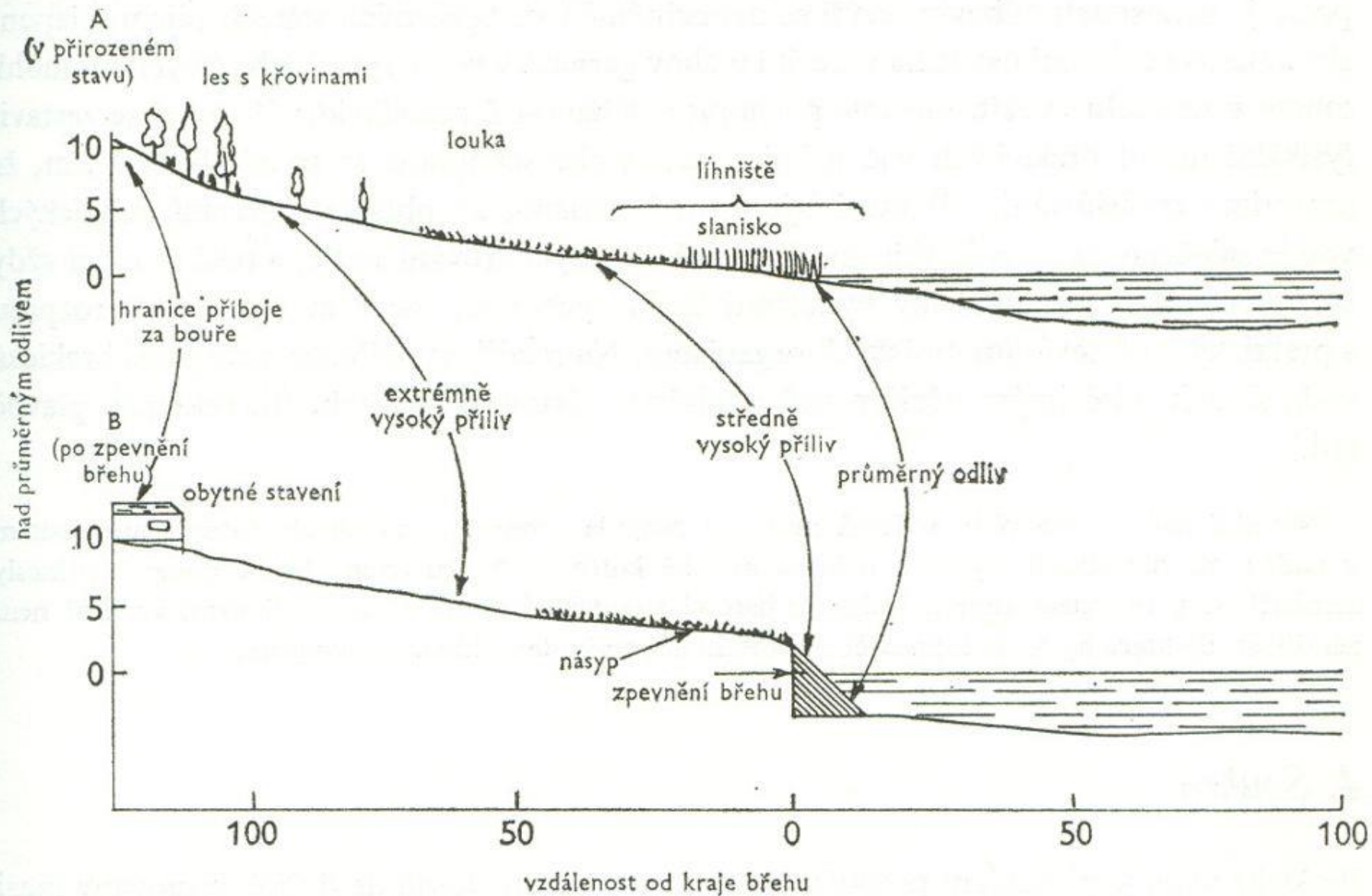


# Antropogenní vlivy v estuárech

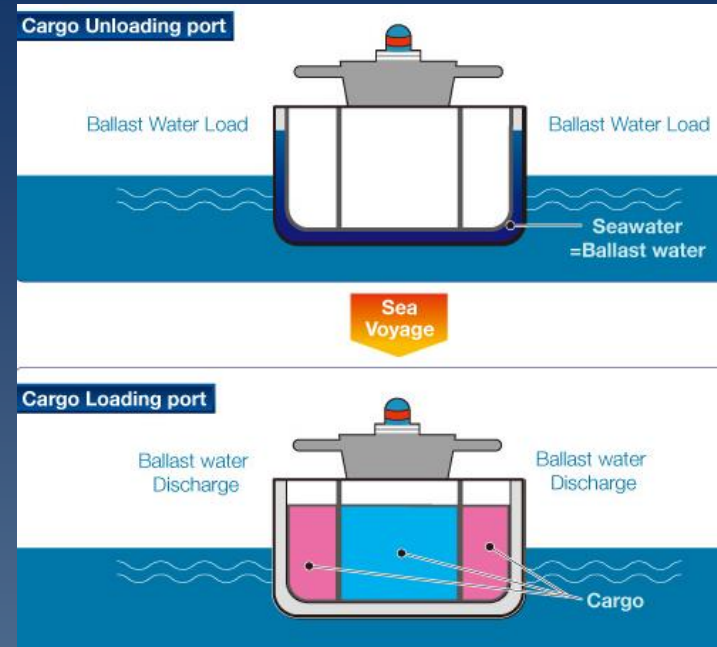
- Zabírání „půdy“ (*land-claim, reclamation*)  
v 25-50 % ztráta pobřežních a estuarinních mokřadů v Británii a USA  
→ redukce množství vody v estuáriu  
→ redukce biomasy a produkce bentických živočichů a rostlin a ovlivnění celého estuarinního potravního řetězce
- Přílivové elektrárny (*barrages*);  
– omezení bouřlivého vlnobití; zásobárny sladké vody ... ALE  
→ zmenšení intertidální oblasti  
→ změna struktury potravních sítí v důsledku omezení proudění, zvýšení sedimentace a eutrofizace  
→ migrační překážka pro ryby



# Antropogenní vlivy v estuárech



# Invazní druhy



Biologické invaze: velký dopad v estuarinních ekosystémech v důsledku podobných abiotických faktorů v různých částech světa v důsledku

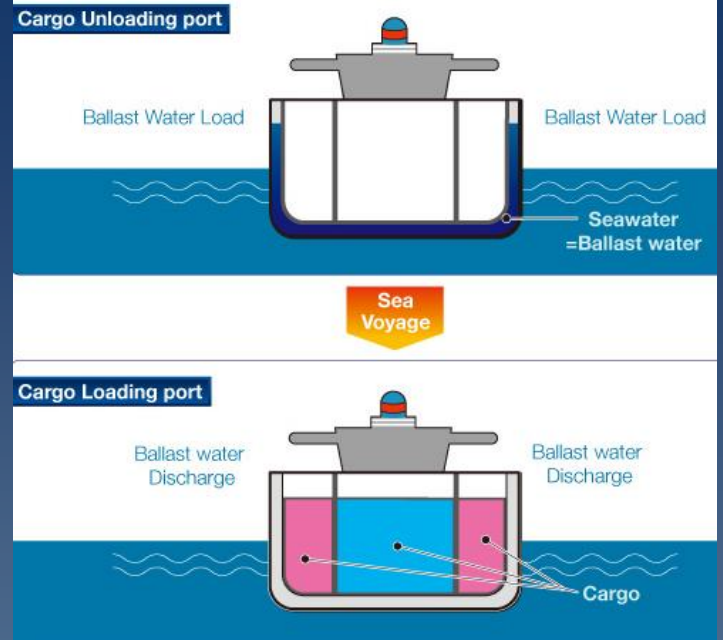
1. široké ekologické valence místních druhů a toleranci k výkyvům podmínek prostředí
2. časté přítomnosti diapauzujících stádií v životních cyklech
3. transportu vývojových stádií činností člověka

# Invazní druhy

## STOP BALLAST WATER INVASIONS

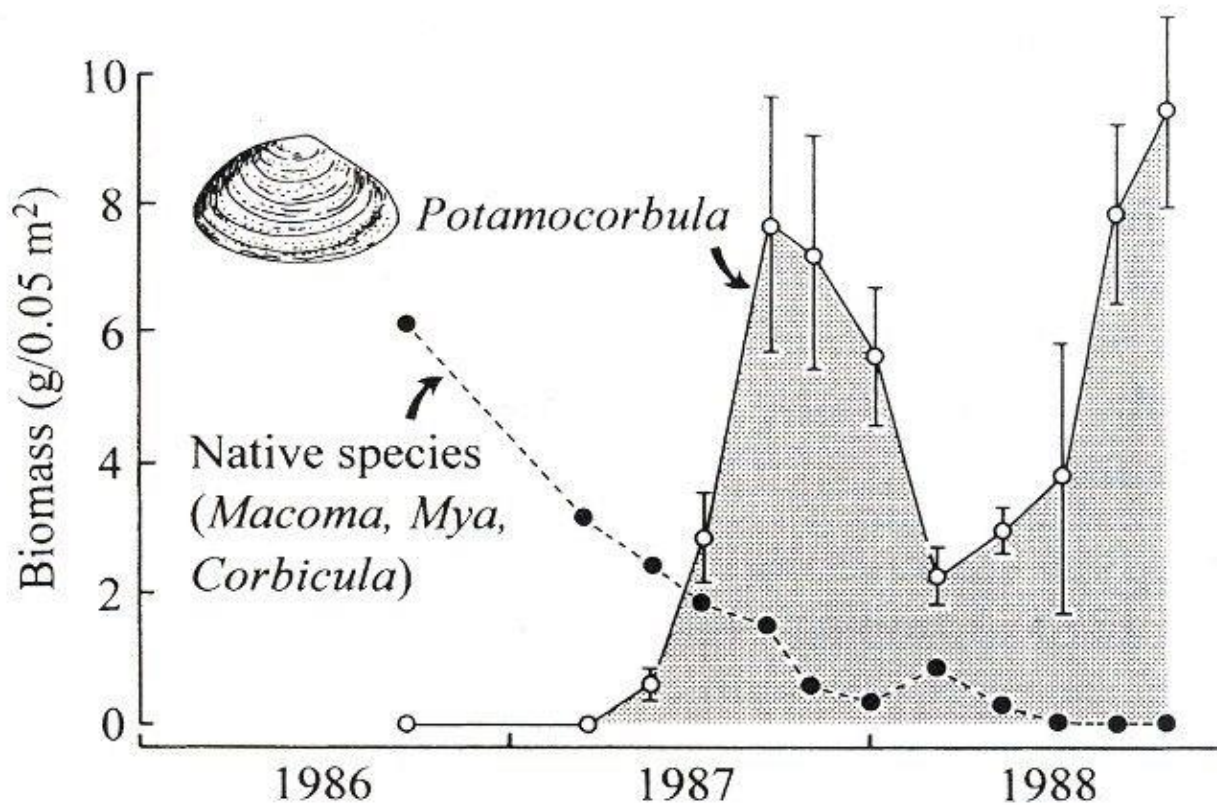


WEST COAST BALLAST OUTREACH PROJECT  
CALIFORNIA SEA GRANT EXTENSION PROGRAM  
*Coordinating Ballast Water Information Exchange for the West Coast*



# Invazní druhy

Změny v biomase mlžů v San Francisco Bay před rokem 1987 a po zavlečení asijského druhu *Potamocorbula amurensis*



až 2000 ind/m<sup>2</sup>



# korálové útesy



# Korálové útesy

- nejproduktivnější mořské ekosystémy
  - korálové útesy jsou často v „mořských pouštích“, přesto až 12000 g C / m<sup>2</sup> / rok vs. 20-40 g C / m<sup>2</sup> / rok
- nejvyšší biodiverzita ze všech pobřežních biotopů
- výskyt omezen na tropické a subtropické oblasti
  - omezení zimní izotermou 18° C
- materiál útesu tvořen nejen hermatypickými korály
  - Hexacorallia se symbiotickými obrněnkami – napomáhají výživě i vylučování vápenaté kostry
- ...ale i dalšími organismy
  - inkrustující řasy (zejména ruduchy) tvoří mnohdy dominantní složku vápenaté hmoty

# Příčiny vysoké produkce

- symbiózy se zooxantelami  
obrněnky *Symbiodinium* sp. (např. *S. microadriaticum*)  
PP zooxantel dodává často i přes 95 % uhlíku pro korál
- efektivní recyklace živin  
většina produkce útesu zůstává v ekosystému  
rychlý obrat limitujících živin (zejména P)
- „dotace“ z okolního oceánu  
91 % biomasy rozsivek a 60 % zooplanktonu bylo zredukováno po projití korálovým útesem  
= cca 10 % produkce



Stavitelé útesu:

větevníci (Hexacorallia: Scleractinia)

řasy (ruduchy aj.)

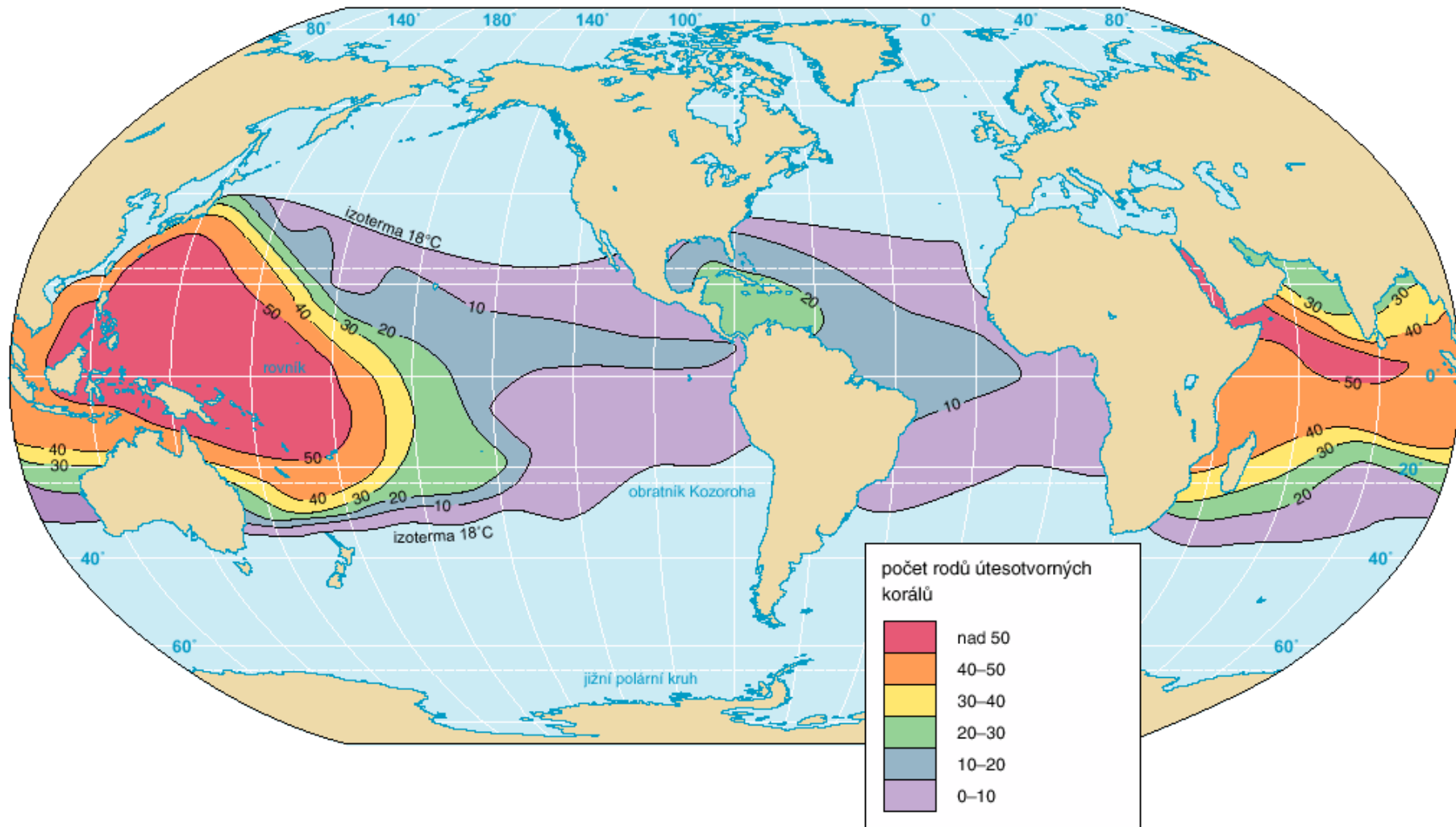
další organismy



# Požadavky útesotvorných korálů

- vyšší teplota  
optimální průměrná teplota 23-25°
- dostatečná salinita  
útesotvorné korály netolerují brakickou vodu
- dostatek slunečního světla  
světlo nutné pro fotosyntézu zooxantel
- minimální zákal (turbidita)  
sedimentace omezuje růst korálů, nedostatek světla
- malý rozdíl mezi přílivem a odlivem  
koráli neradi pobyt na vzduchu, změny intenzity světla
- proudění vody  
přísun živin, kyslíku, planktonu; transport vajíček, larev
- pevný substrát  
přichycení planktonních larev

# Distribuce korálových útesů



# Aby útesy nezarostly...

významný faktorem pro udržení zdravého útesu:  
**býložravé ryby** regulující populace nárostových řas



králíčkovci (Siganidae)



bodloci (Acanthuridae)

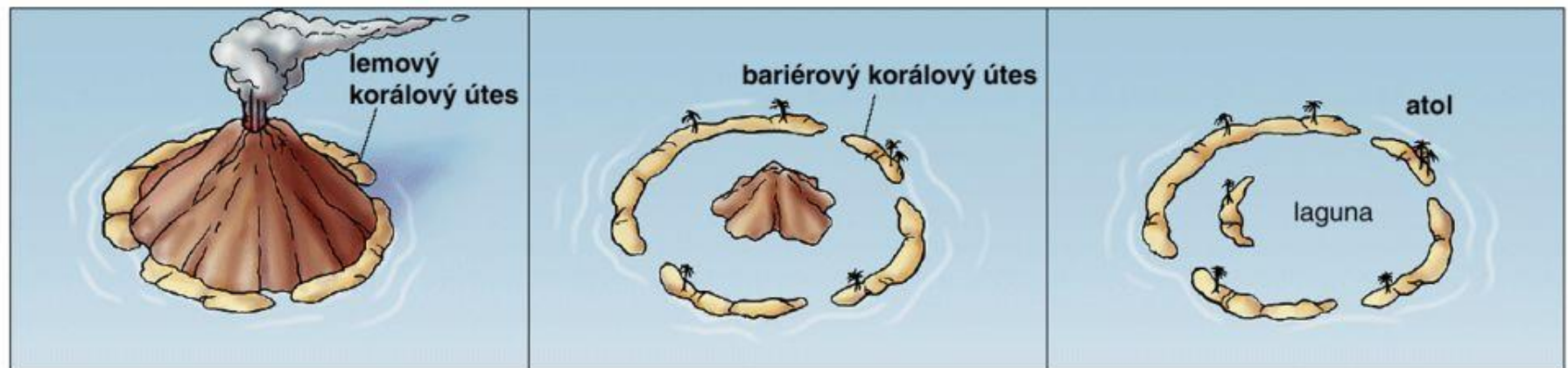
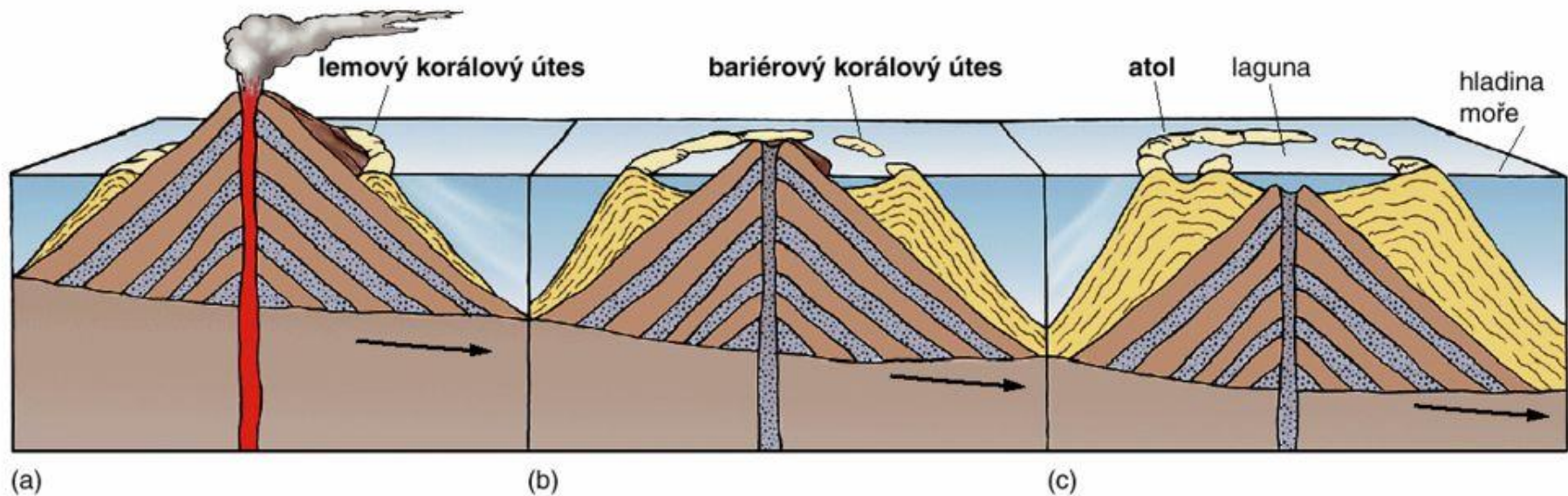
# Ale i koráli jsou pod predačným tlakem...



klipky (Chaetodontidae)

ploskozubci (Scaridae)

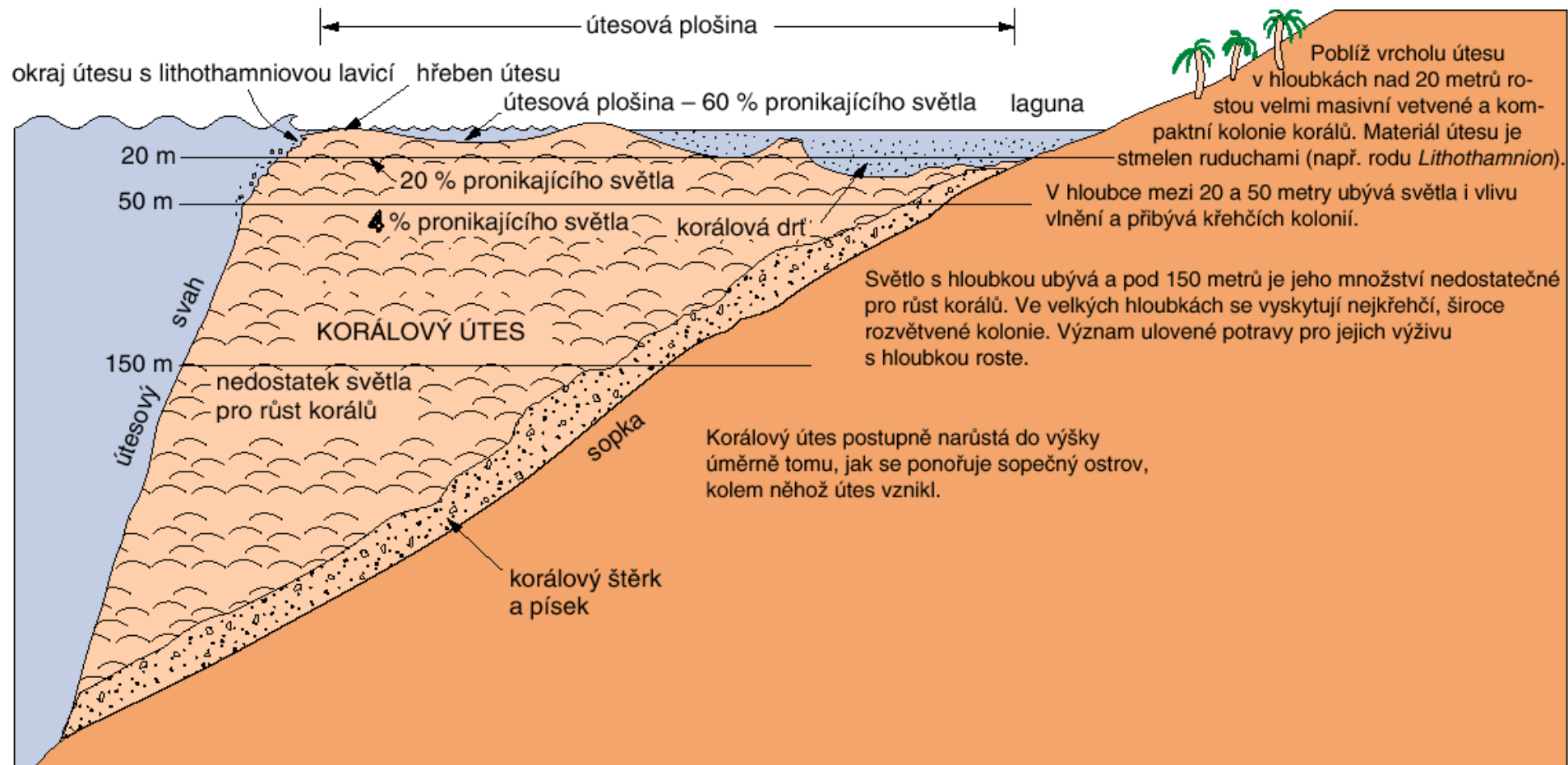
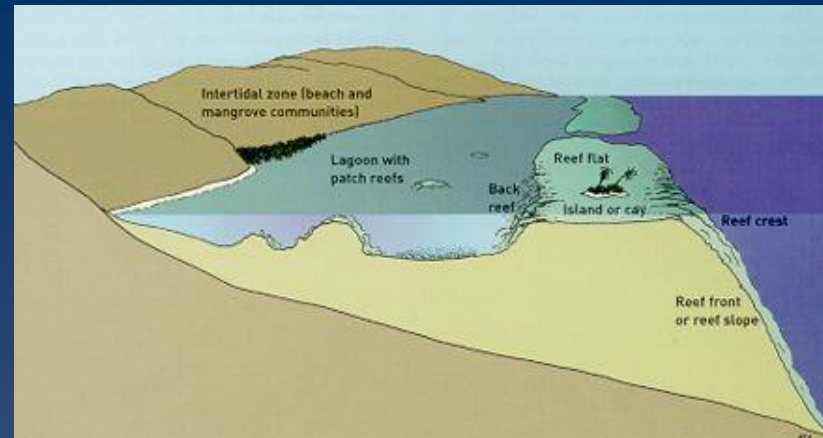
# Vývoj korálového útesu



# lemový útes



# bariérový útes



# Velký bariérový útes

344 400 km<sup>2</sup>  
délka cca 2600 km

2900 útesů  
a 900 ostrovů





# Středoamerický bariérový útes

cca 650 km

největší útes  
západní  
polokoule



# atol

Motu Iti

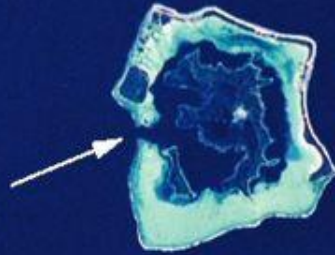


# bariérové útesy

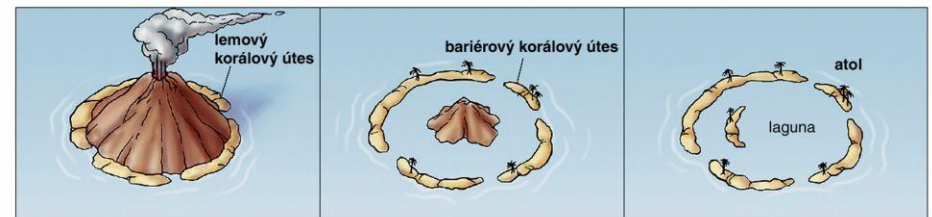
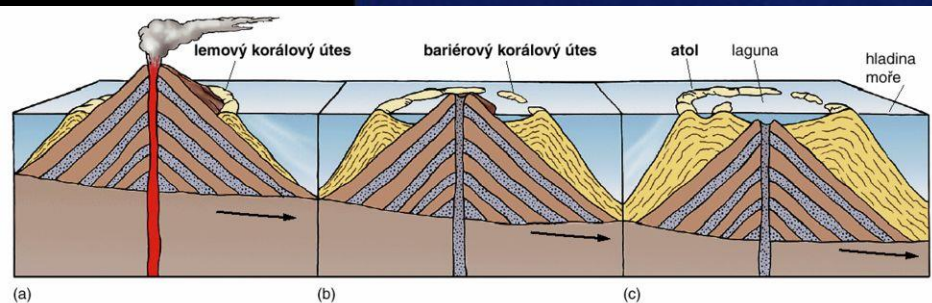
Tahaa



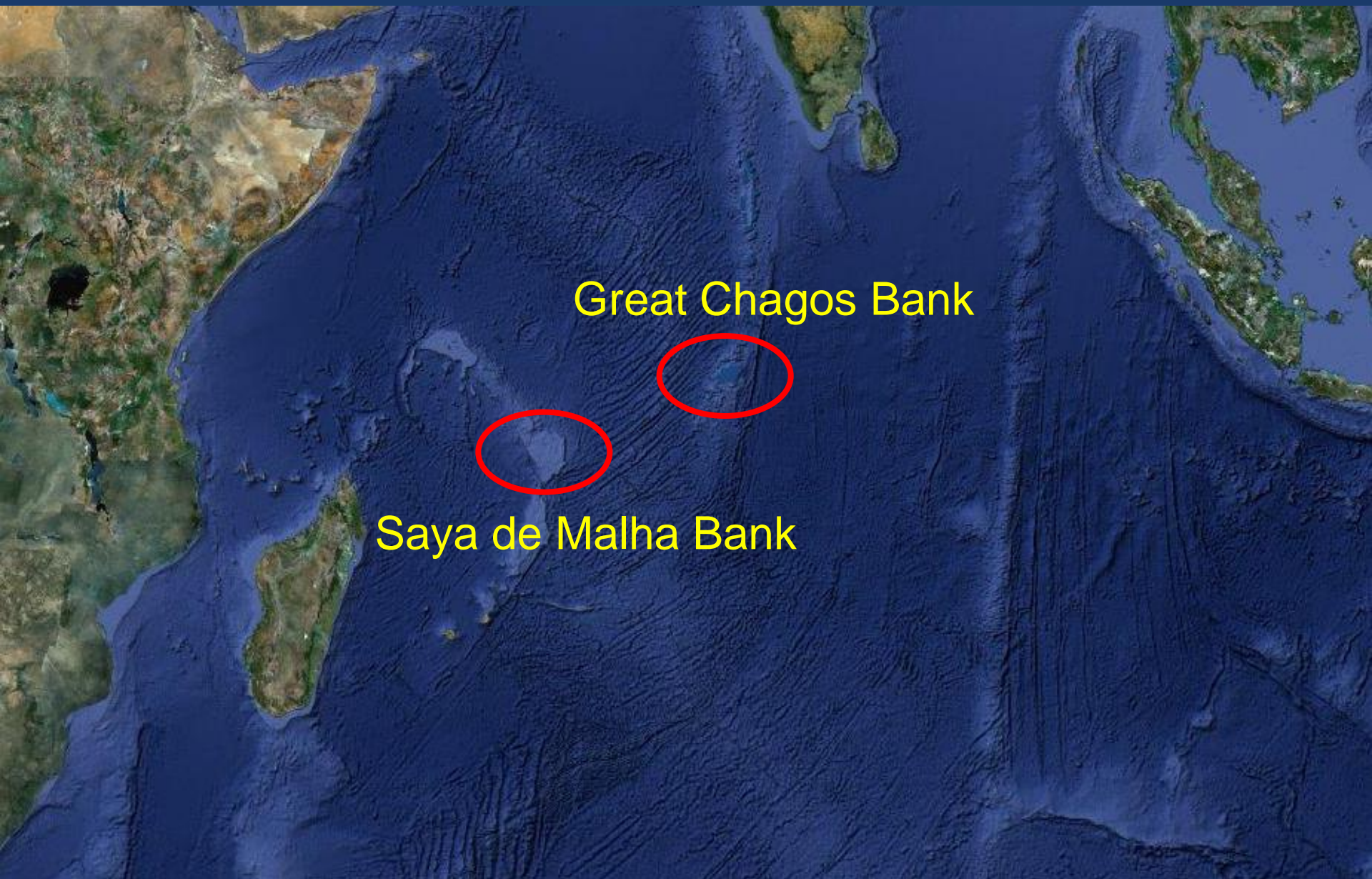
Bora-Bora



Raiatea



# Největší atoly světa

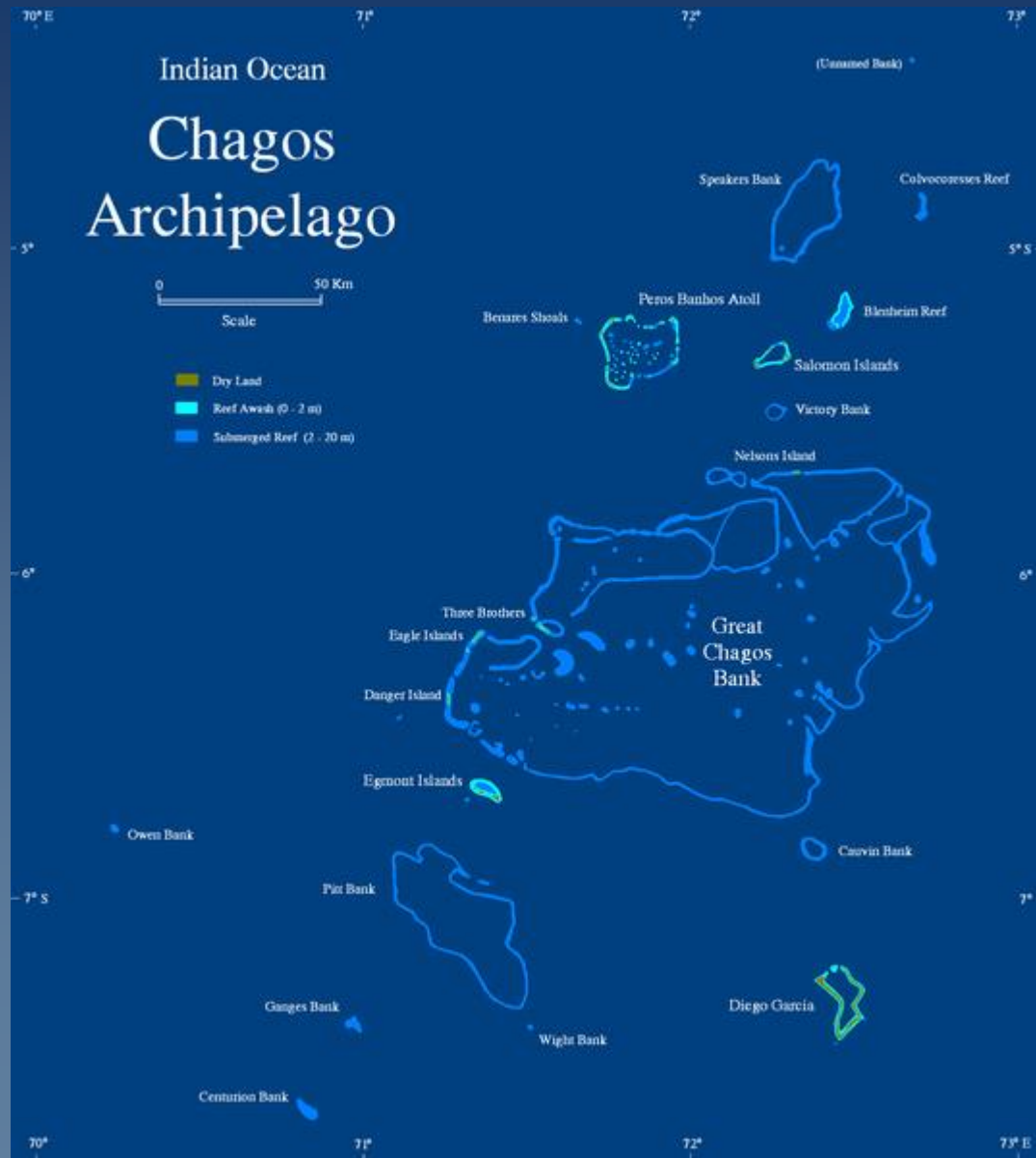


Great Chagos Bank

Saya de Malha Bank

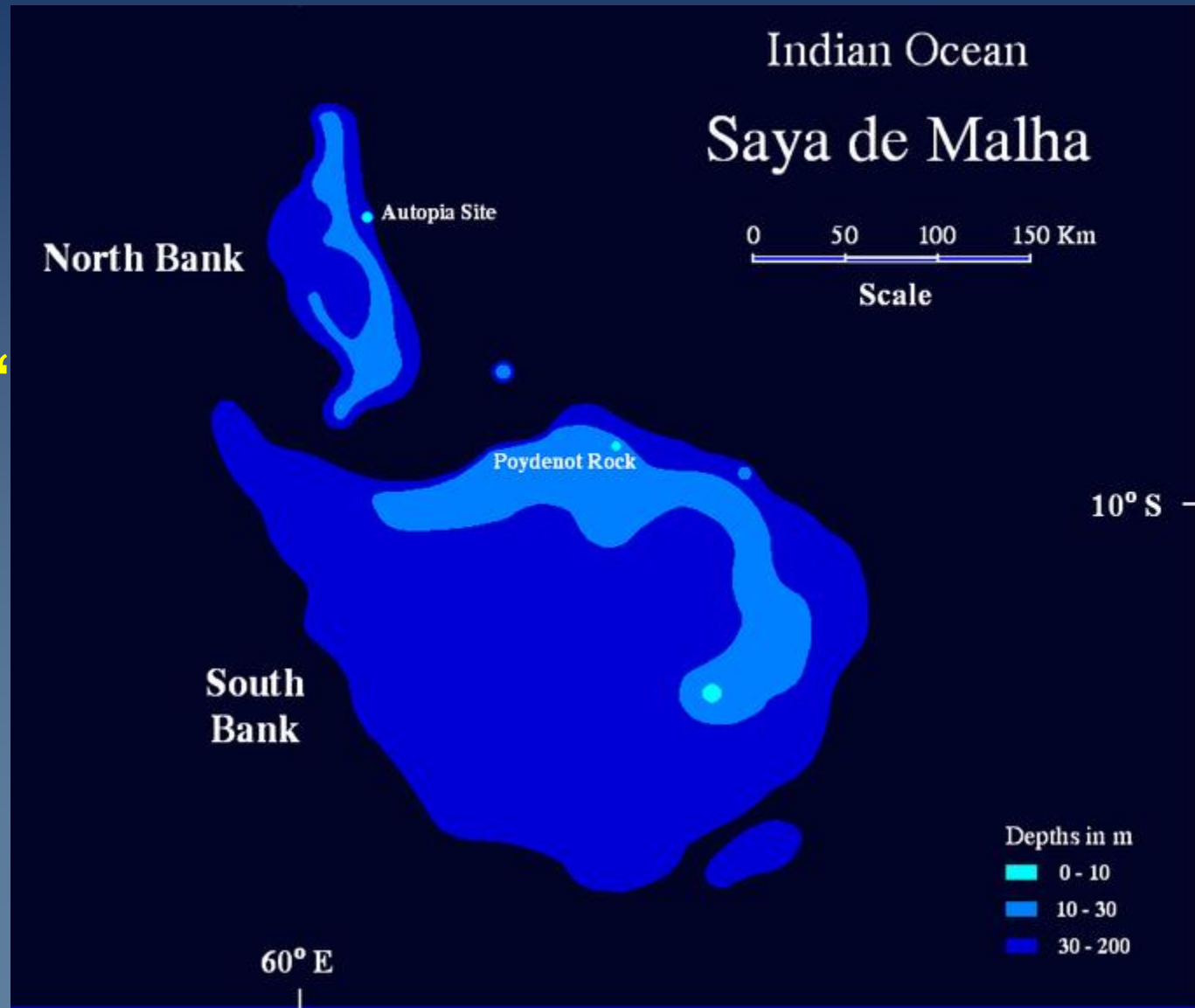
# Great Chagos Bank

12 642 km<sup>2</sup>  
z toho pevná zem  
pouze 4,5 km<sup>2</sup>



# Saya de Malha Bank

40 808 km<sup>2</sup>  
kompletně  
ponořený  
„reliktní atol“



# Vysoká diverzita konzumentů

- příklad: korálové ryby GBR
  - min. 800-1200 druhů; jak se tam udrží?
- specializace, oddělení nik?
  - řada druhů má identické nároky nebo velký překryv
- hypotéza „variable recruitment“ (loterie)
  - průběžný přísun pelagických larev a jejich usazování na útesu dle pravidla „kdo dřív přijde, ten dřív mele“
- druhové složení není v rovnováze
  - lokálně mírné výkyvy, regionálně trvale vysoká diverzita

# Symbiotické vztahy všeho druhu

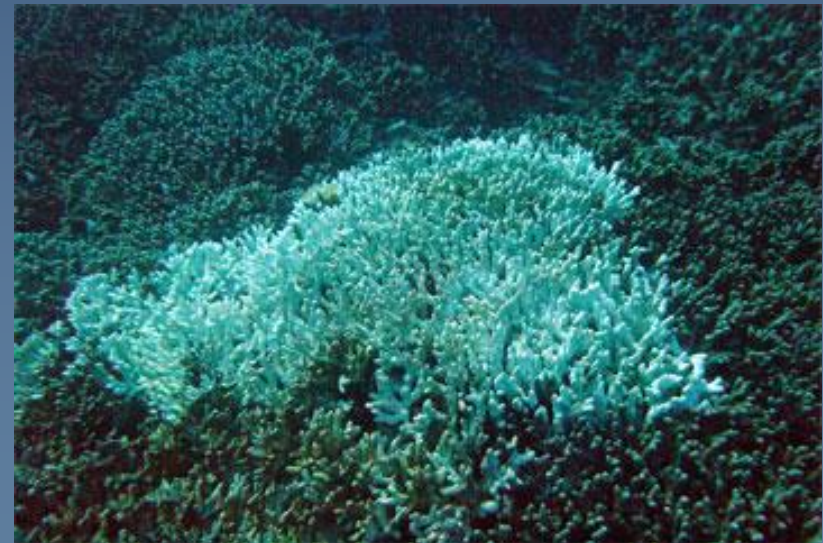
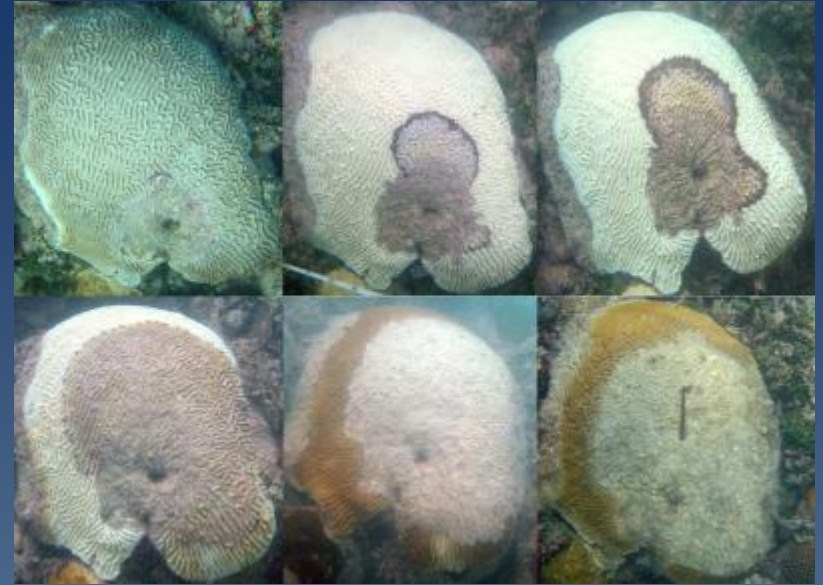
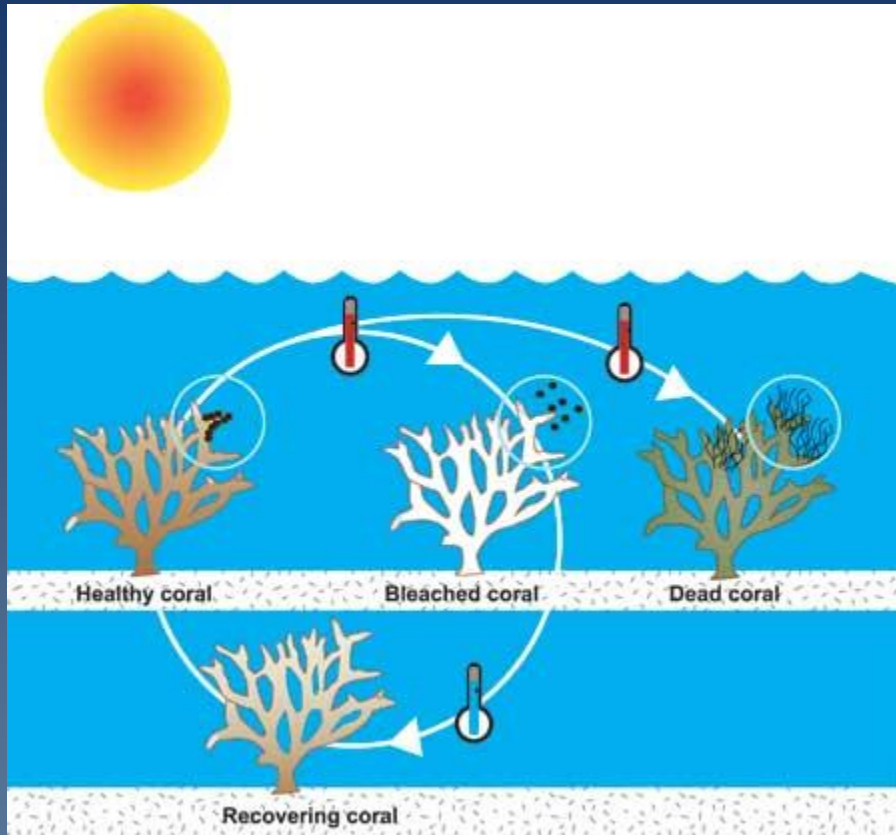
- zooxantely  
koráli, zévy, houby...
- obyvatelé žahavců: obydlí vs. obrana  
klauni (*Amphiprion*, *Premnas*),  
krabi *Trapezia*
- čističi  
čisticí stanice ryb (*Labroides*) i korýšů  
(*Stenopus*)

# Ohrožení útesů

- nadměrný (rybo)lov
  - pro maso, suvenýry, ale i akvarijní trh
- nepovolené způsoby lovu
  - dynamit, kyanid...
- mechanické poškozování
- znečištění pobřežních vod
- zvýšená sedimentace
  - nepřímý vliv činností na pobřeží
- klimatické změny
  - zvýšená teplota -> bělení korálů
- acidifikace oceánů (nárůst koncentrace CO<sub>2</sub>)
- eutrofizace

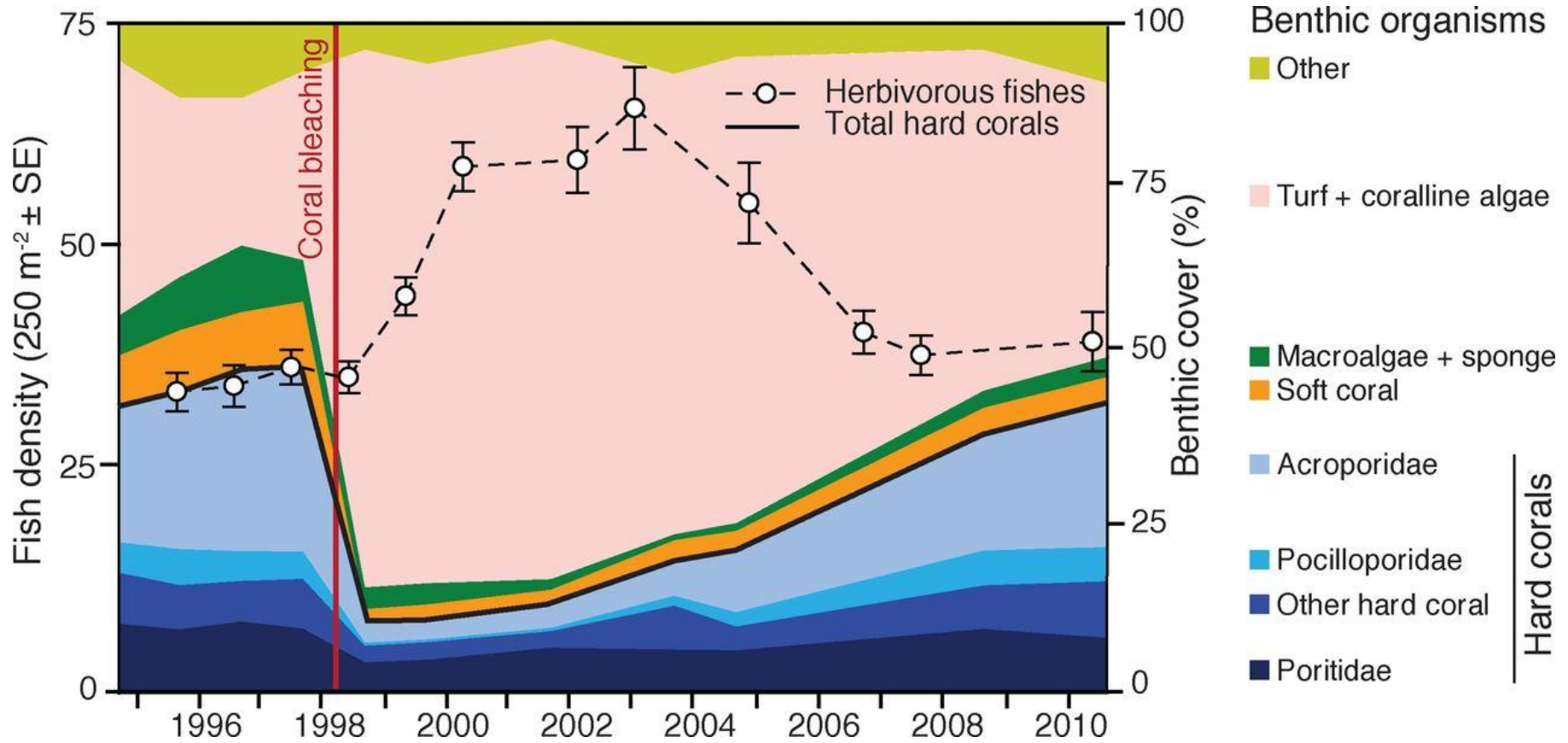


# Bělení korálů



ztráta zooxantel  
v důsledku stresu  
(reverzibilní)

# Bělení korálů



- obnovení může být relativně rychlé

# Eutrofizace na korálových útesech

původní stav: nízký obsah živin, zvýhodnění organismů se zooxantelami

po nárůstu obsahu živin:

- 1) zvýhodnění vláknitých bentických řas  
přerůstání
- 2) nárůst fytoplanktonu  
zvýšená turbidita, stínění
- 3) zvětšení biomasy zooplanktonu  
zvýhodnění filtrujícího zoobentosu
- 4) bioeroze  
zejména ježovky a houby

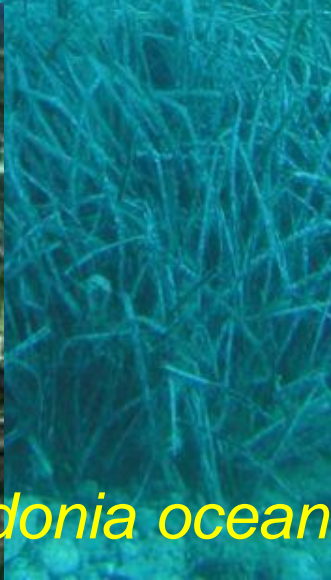
# Mořské louky



*Posidonia oceanica*

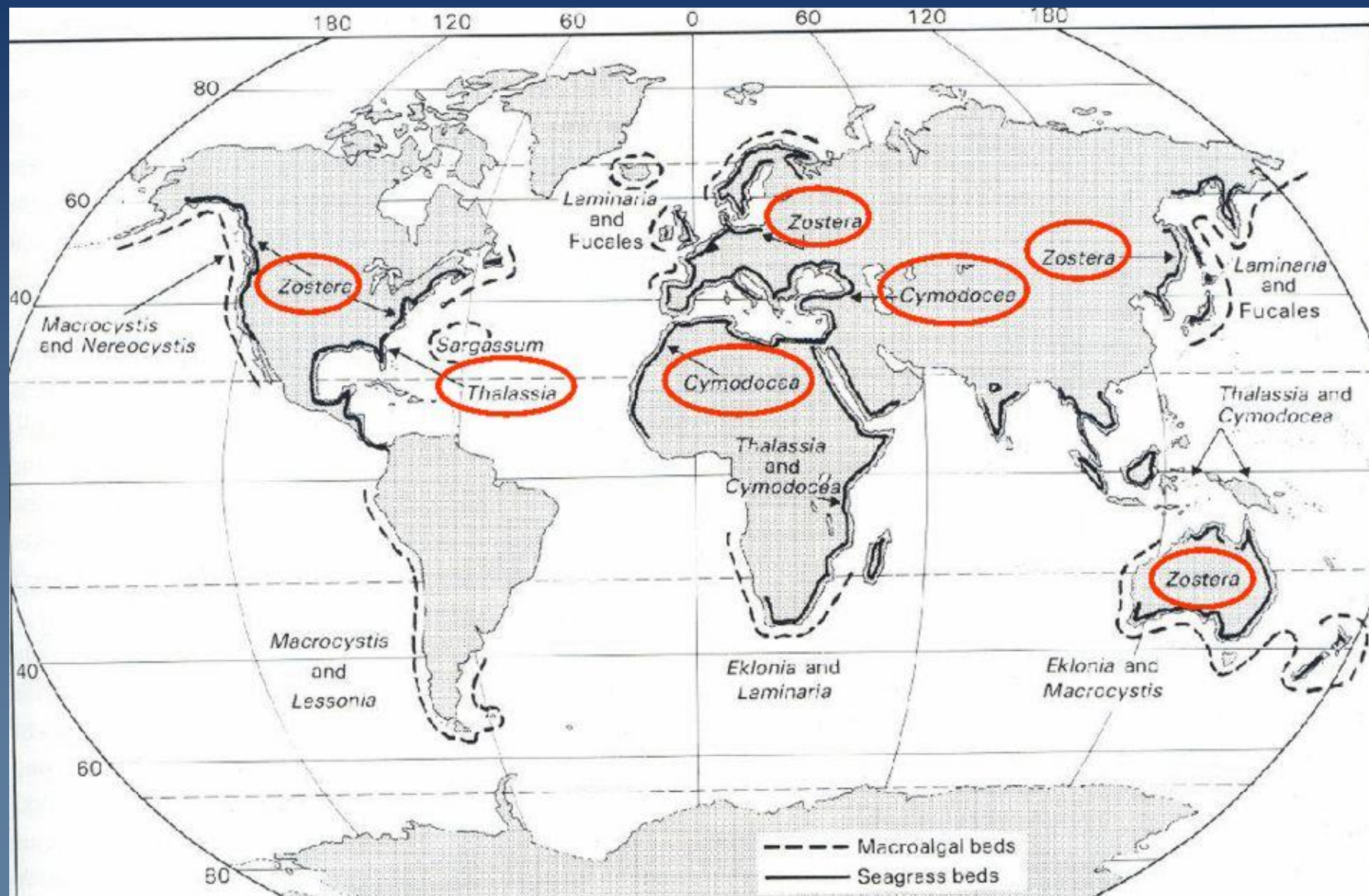
# Mořské louky (*seagrass beds*)

- zapojené porosty „mořské trávy“  
produkce běžně přes 1000 g C / m<sup>2</sup> / rok
- jediné výhradně mořské druhy cévnatých rostlin  
cca 50 druhů jednoděložných (4 čel. řádu Alismatales)  
vzdálené příbuzné např. rdestům (nikoli trávy!)  
př: *Zostera*, *Thalassia*, *Cymodocea*, *Posidonia*
- mělké pobřežní vody  
obvykle do hloubky 5 m, vzácně >30 m, dostatek světla  
mírné proudění, někt. rody tolerují i expozici za odlivu
- rozmnožování zejména vegetativně (oddenky)  
kvetení a rozmnožování semeny vzácné
- vliv na složení sedimentu  
zachycování jemných částic
- vysoká produkce  
ale málokdo je žere



*Posidonia oceanica*

# Hlavní rody mořských trav



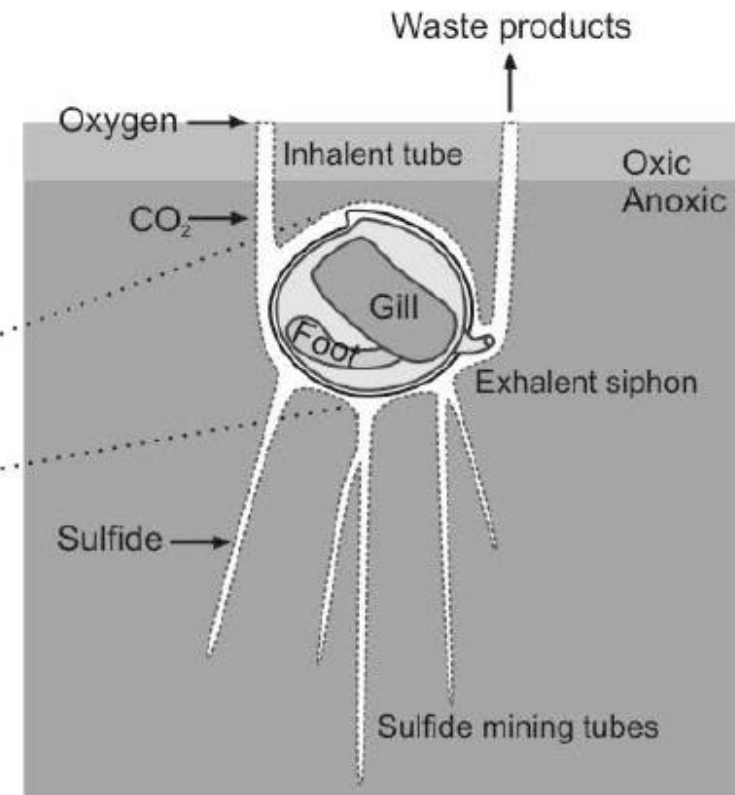
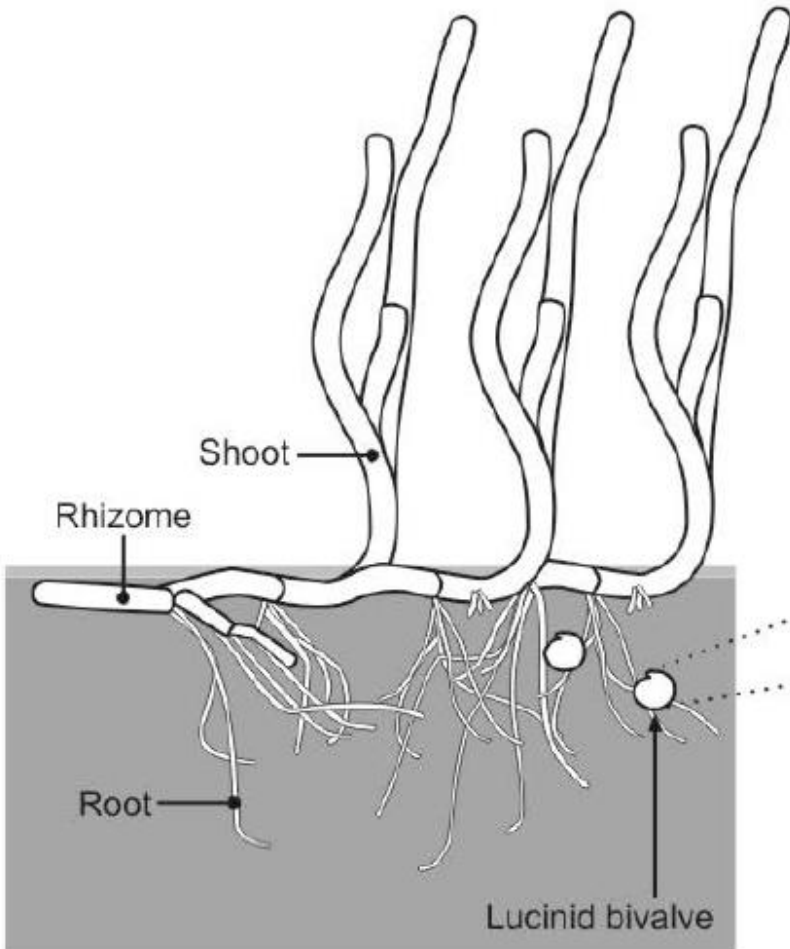
# Mutualistické vztahy mořských trav

- symbióza s mlži čeledi Lucinidae a „jejich“ bakteriemi je možná klíčem k evolučnímu úspěchu mořských trav
- akumulace rostlinného detritu a organického sedimentu vede k anaerobnímu rozkladu a uvolňování toxického sulfanu
- chemoautotrofní bakterie v žábrách mlžů oxidují  $H_2S$ , ale potřebují přísun  $O_2$
- kyslík je uvolňován do bezprostředního okolí trávníků, kde je oblíbený mikrohabitat mlžů
- mlži se vyskytují ve většině mořských luk (ve >90% v tropech a >50% v mírném pásu)
- populační hustoty mlžů dosahují až 1000 ind/m<sup>2</sup>



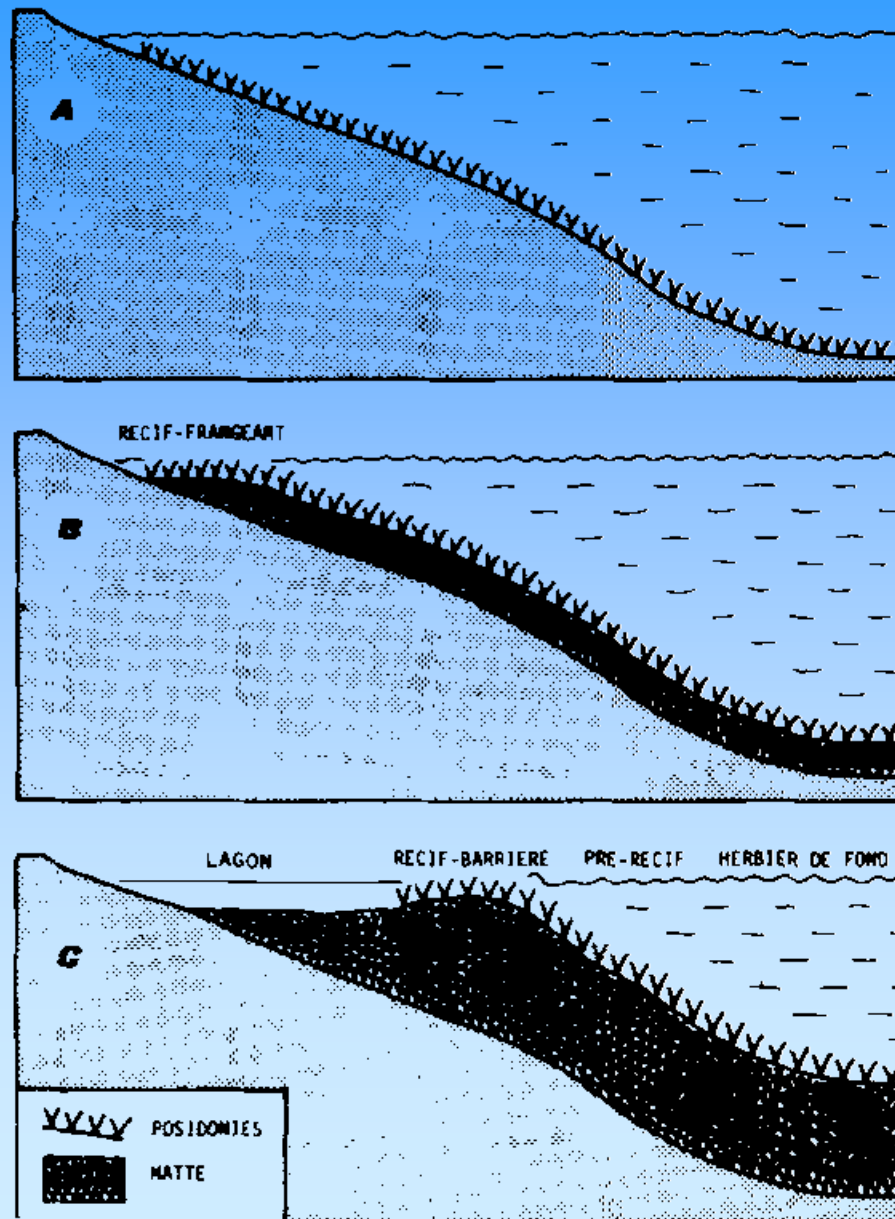


# Mutualistické vztahy mořských trav

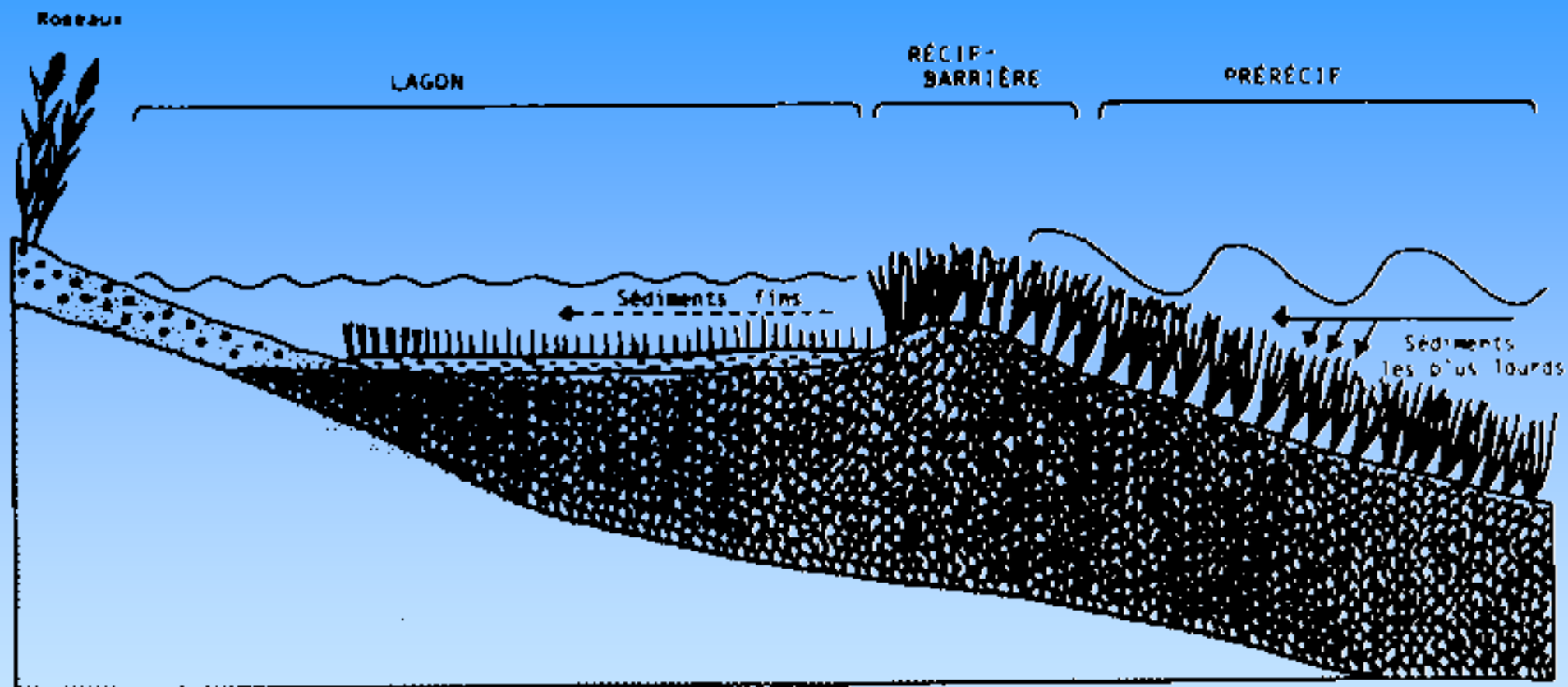


van der Heide et al. 2012, *Science*

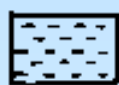
# „Mořské louky“ a „trávové útesy“



# „Mořské louky“ a „trávové útesy“



MATTE



SABLE VASEUX



APPORTS TERRIGÈNES



POSIDONIA OCEANICA



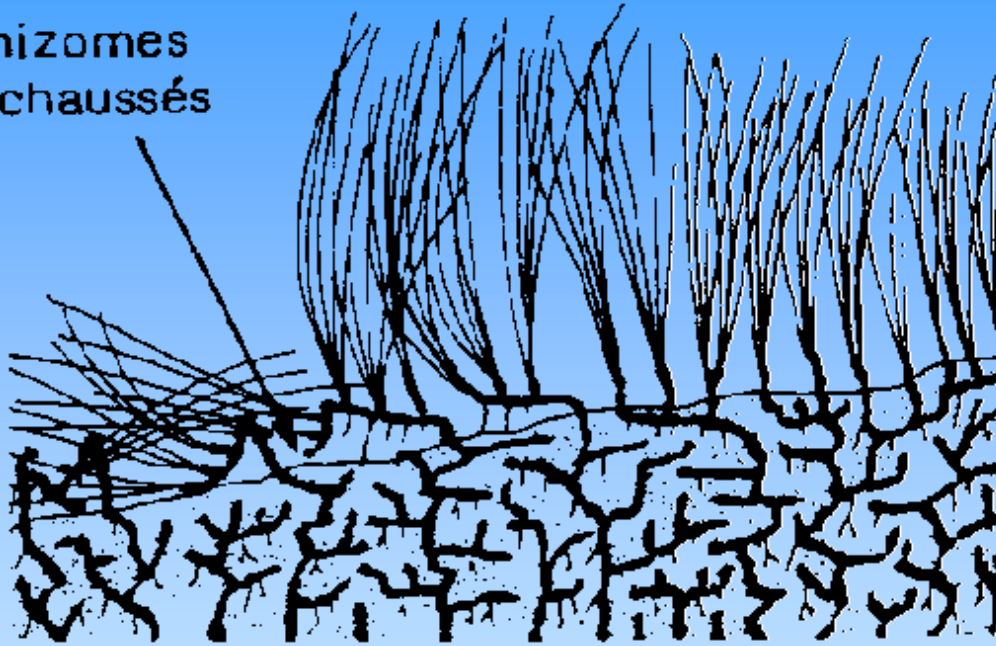
CYMODOCEA NODOSA



ZOSTERA NOLTII

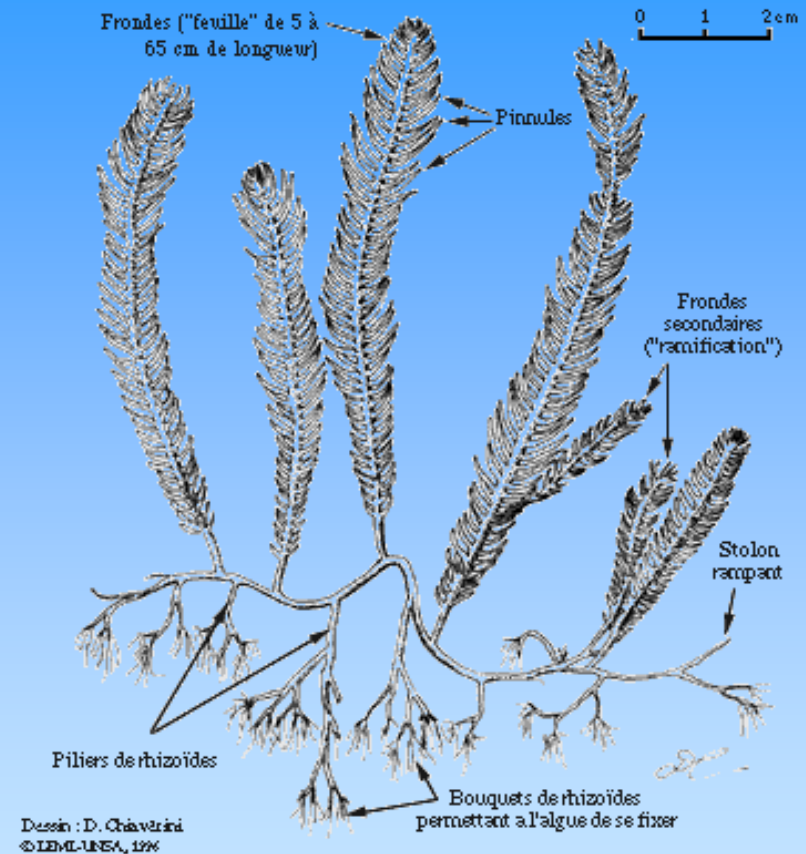
# Zanikání trávníků

rhizomes  
déchaussés



eroze

(nebo omezená sedimentace)



„nekalá konkurence“

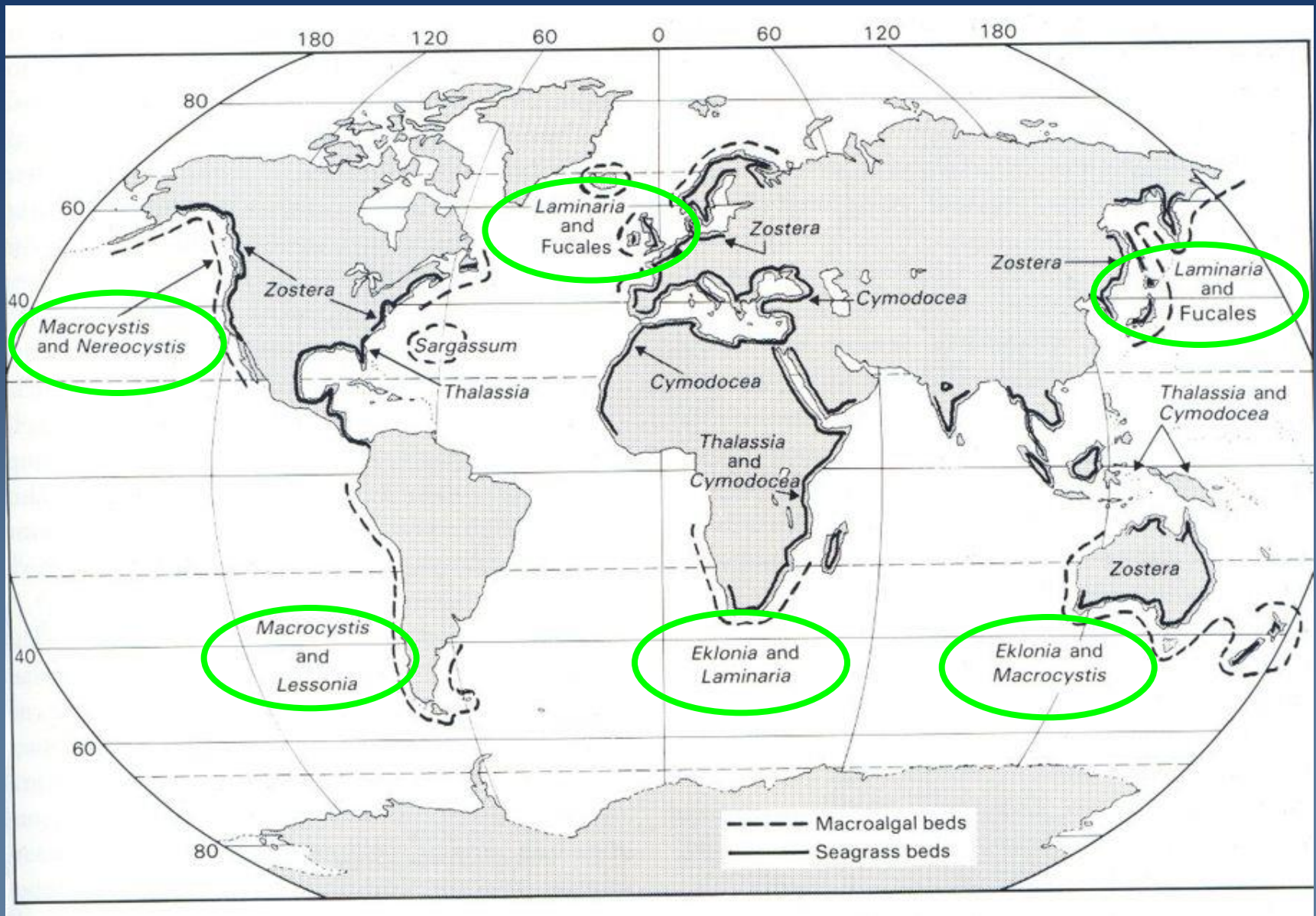
# Chaluhové lesy (*kelp forests*)



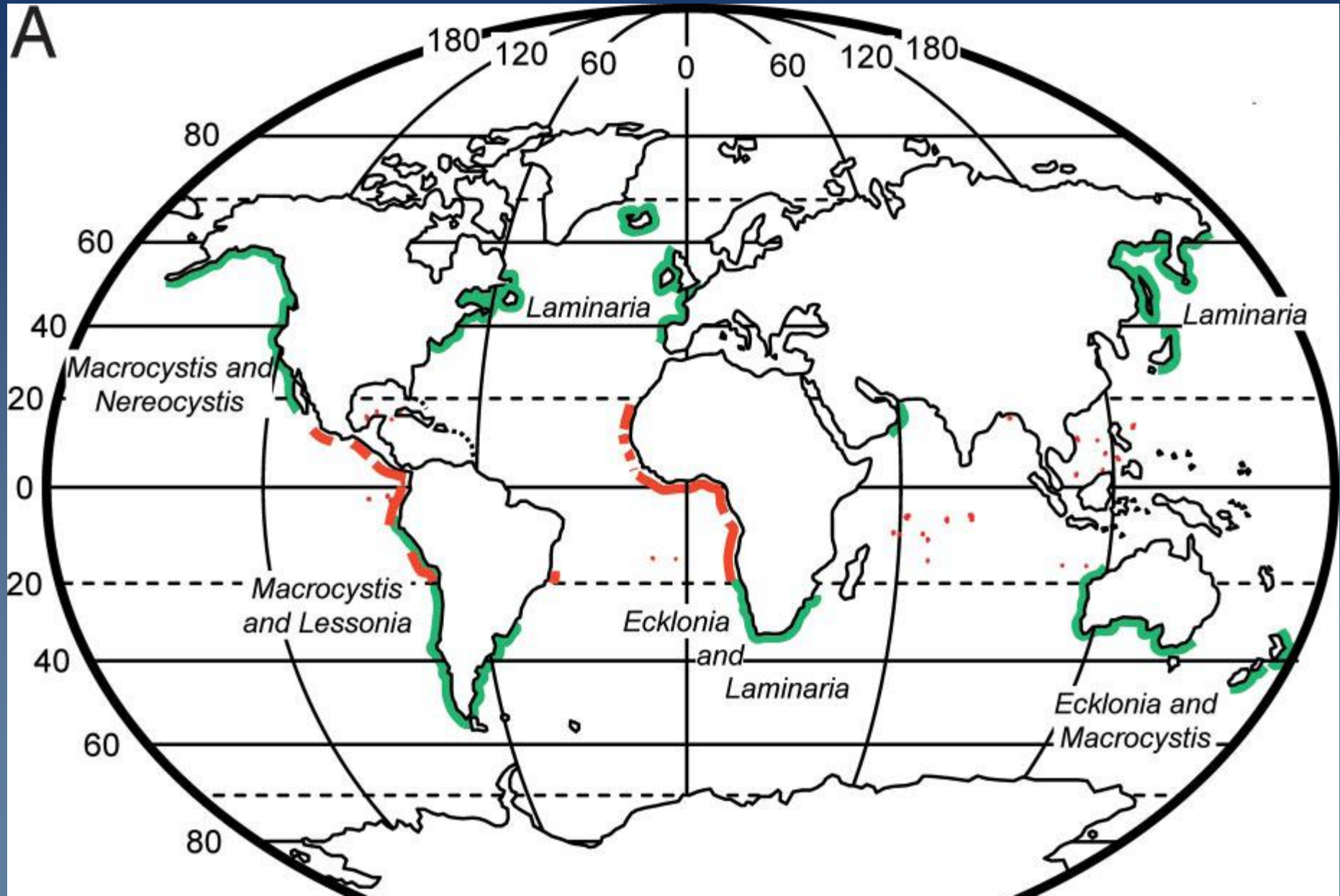
# Chaluhové lesy (*kelp forests*)

- vysoce produktivní subtidální společenstva  
produkce běžně přes 1000 g C / m<sup>2</sup> / rok
- dominance chaluh řádu Laminariales  
cca 100 druhů čepelatek  
př: *Macrocystis*, *Nereocystis*, *Laminaria*, *Alaria*
- extrémně rychlý růst  
u rodu *Macrocystis* i >> 30 cm / den
- výskyt v chladnějších vodách  
limitace nikoli teplotou, ale dostupností  
reaktivního dusíku
- u hladiny v mořích mírného pásu nebo v tropech  
oblasti výstupných proudů
- ve větších hloubkách i v tropech

# Oblasti výskytu chaluhových lesů



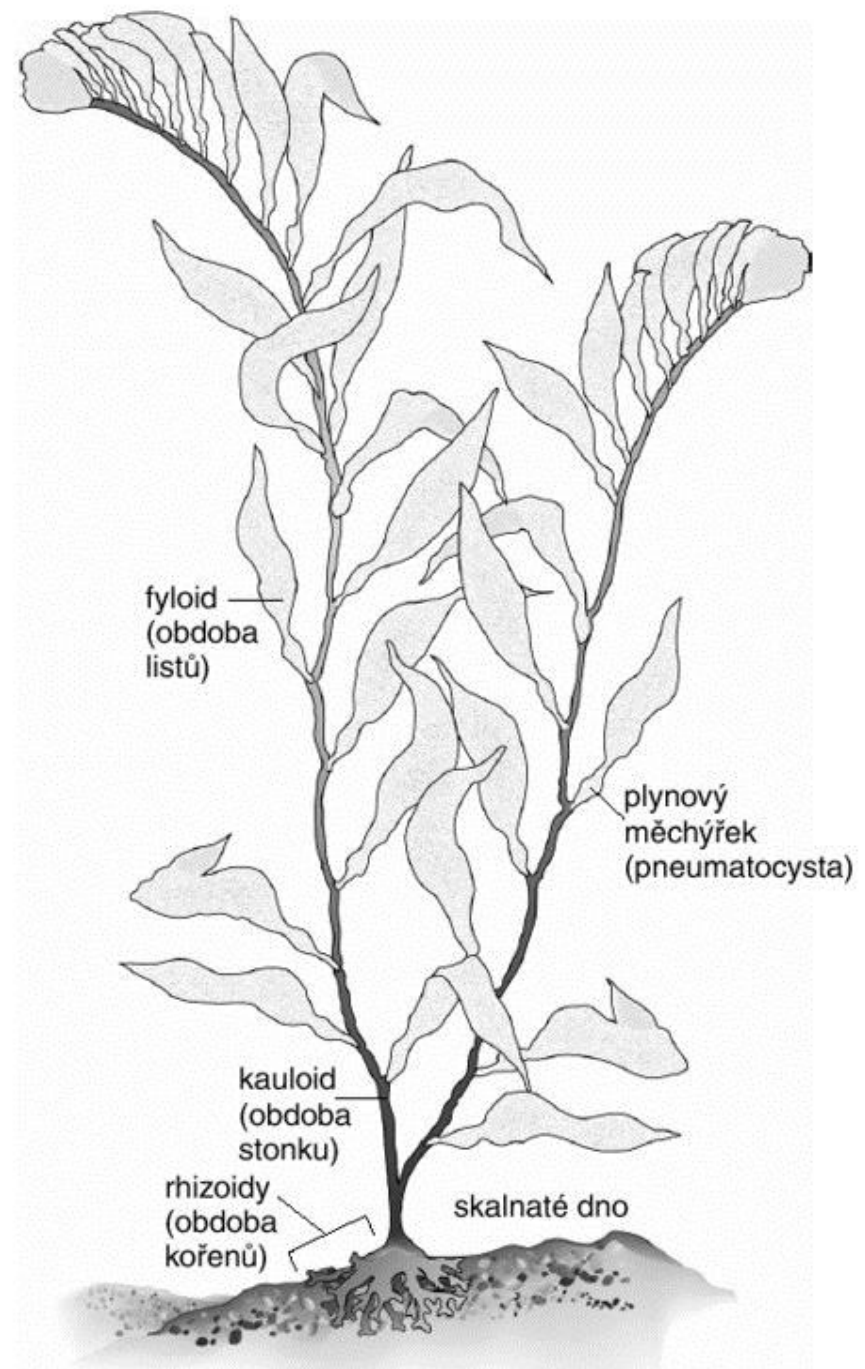
# Oblasti výskytu chaluhových lesů





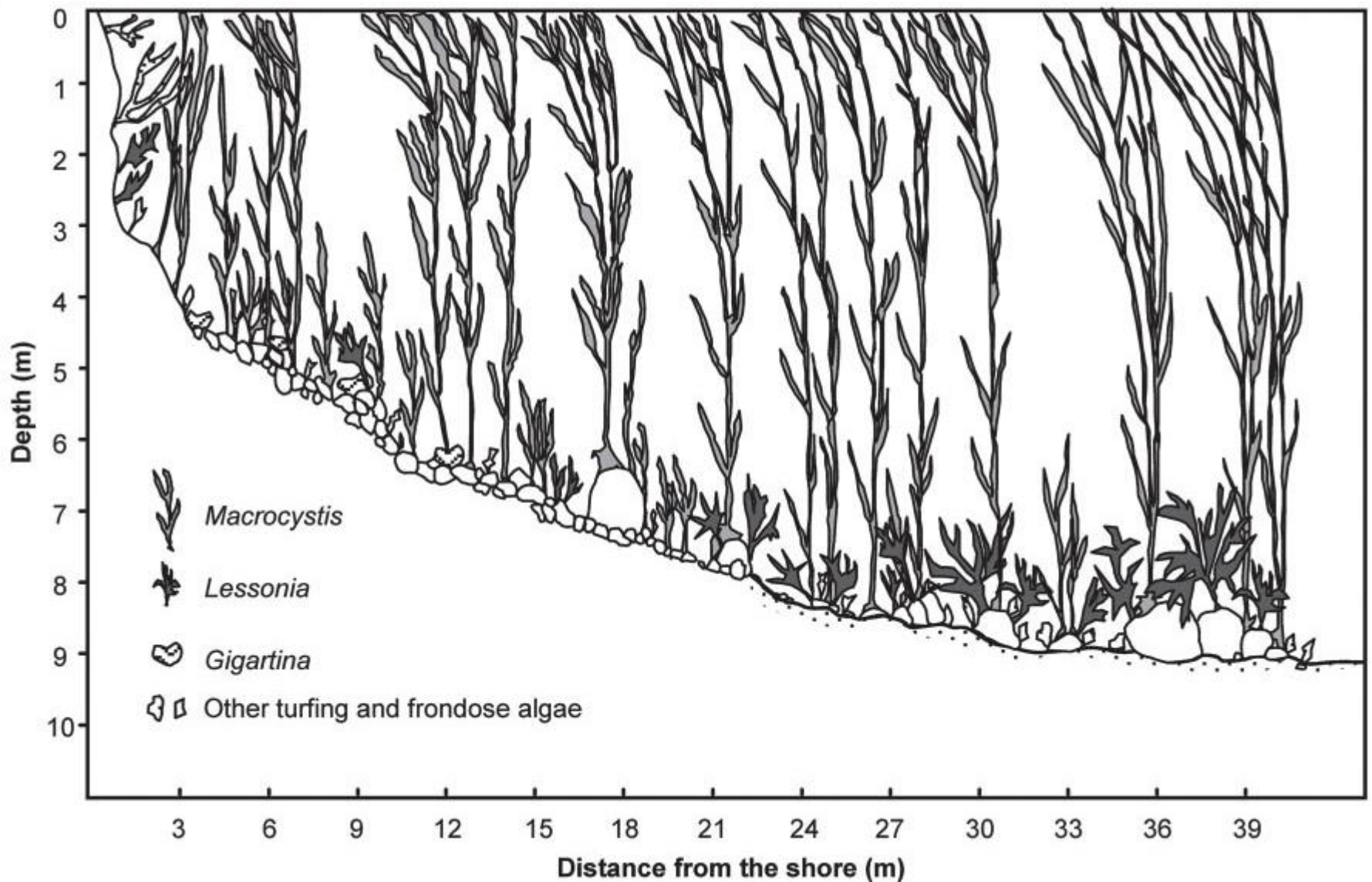
# Chaluhové lesy (*kelp forests*)

- výrazná patrovitá struktura srovnatelná s našimi lesy
- omezení hloubky dáno dostupností světla
- „mělké“ lesy: od hladiny, obvykle do 5-15 m, vzácně >50 m  
kolísání hladiny za přílivu a odlivu nevadí
- „hluboké“ lesy: v hloubkách 30-200 m; limitace živinami a  
proto vysoká průhlednost u hladiny
- vysoká diverzita asociovaná s chaluhami:  
30 % z 275 běžných druhů v kalifornském  
chaluhovém lese nalézáno přímo na chaluhách,  
z toho 25% vázáno výhradně na tento ekosystém
- habitat pro velké množství živočichů  
včetně ekonomicky významných druhů:  
ryby, langusty, ušně...



# Patrovitost

B





**klíčový druh  
pro strukturu  
společenstva**

*Enhydra lutris*

mořská vydra žere ježovky

hodně mořských vyder = málo ježovek = hodně chaluh

člověk nosí kožichy z vyder

málo vyder = hodně ježovek = „pustina“

nejsou ryby, langusty...

# Mangal



# Mangrove (pl. mangrovy)

ekosystém, v němž dominují mangrovníky – dřeviny adaptované na růst v zasoleném prostředí (mořské pobřeží, estuáry).

Anglické ekvivalenty: mangrove swamp, tidal forest, mangrove wetland, mangal.

# Mangrovníky

Dvouděložné dřeviny morfologicky a fyziologicky přizpůsobené následujícím podmínkám:

- změny hladiny při přílivu a odlivu
- slaná až brakická voda
- nedostatek kyslíku v substrátu

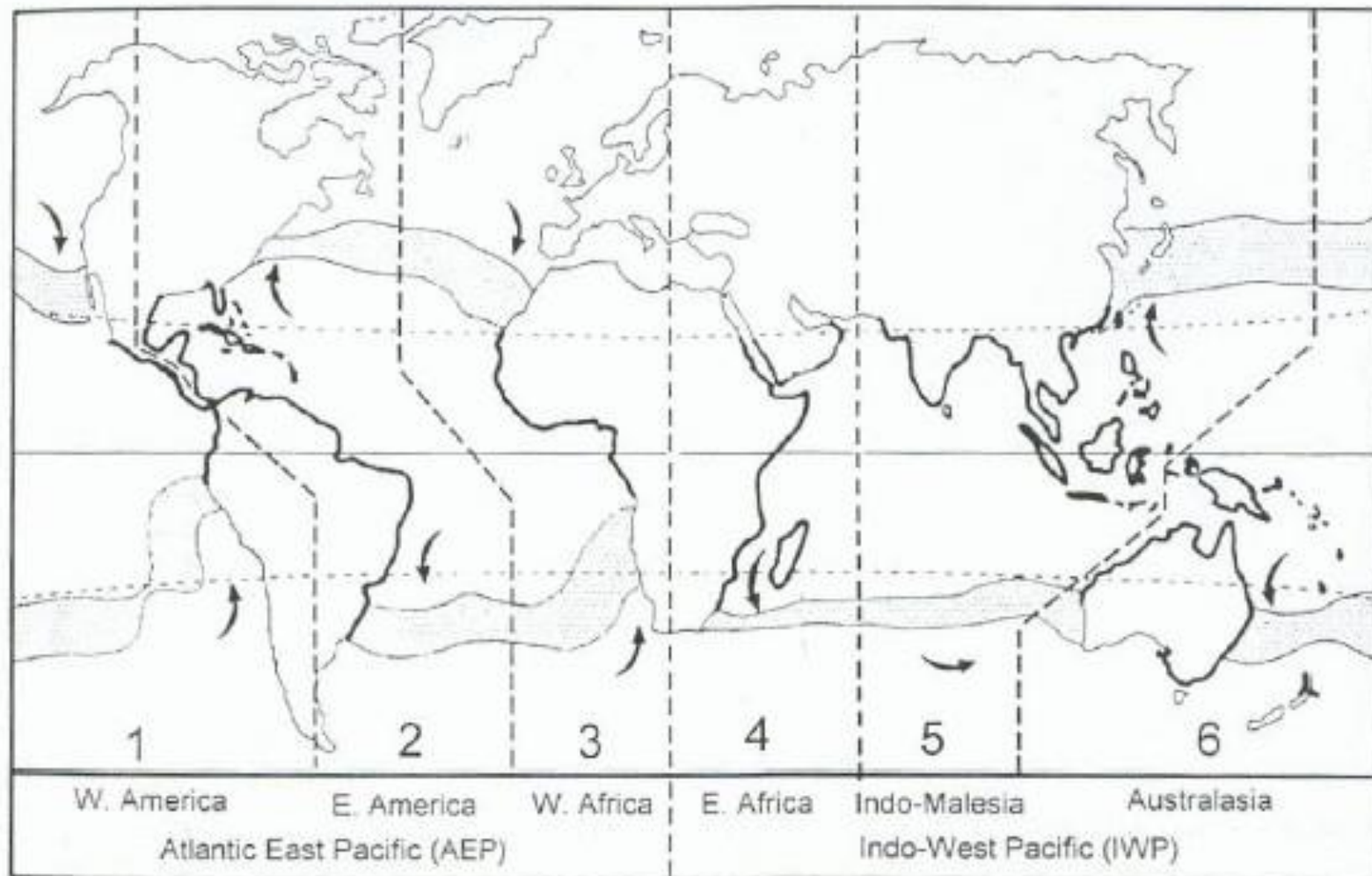
Vyžadují:

- vyrovnanou teplotu bez poklesů pod bod mrazu
- jemnozrnný sediment
- ochranu před silným příbojem



Obvykle menší stromy, výjimečně až 15 m vysoké.

# Výskyt mangrovů





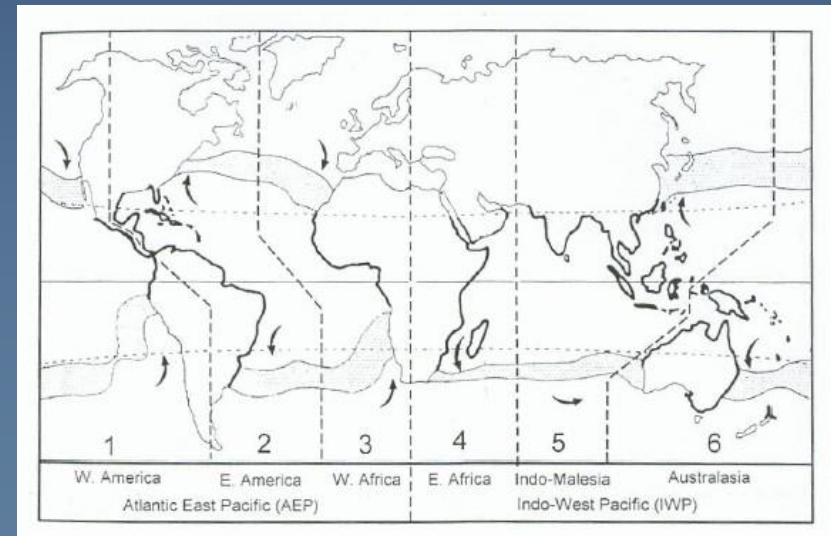
# Výskyt mangrovů

Tropická a subtropická pobřeží celého světa, celková plocha cca 180 000 km<sup>2</sup>.

Nejvíce mangrovů zbývá v Brazílii a Indonésii (oba státy cca 25 000 km<sup>2</sup>); dále Myanmar, Malajsie, Nigérie, Mexiko, karibská oblast (přes 5 000 km<sup>2</sup>).

Největší souvislý mangal: delta Gangy (Indie, Bangladéš)

Nejbližší mangal: Sinajský poloostrov (Egypt)

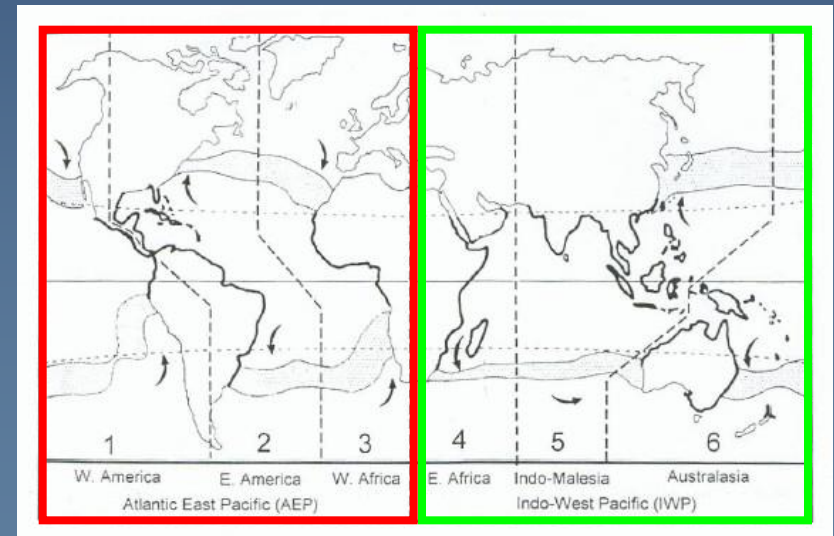


# Výskyt mangrovů

Západní mangrovy po obou stranách Atlantského oceánu a na tichomořské straně Severní Ameriky mají menší diverzitu (10 druhů mangrovníků) než východní mangaly (47 druhů), v Indickém oceánu, východní Asii, Australasii a Oceánii.

## Rozdíl zřejmě důsledkem

- historických procesů (rozdílné geol. stáří pobřežních partií)
- rozdílů v členitosti pobřeží, počtu estuárií a rozsahu říčních delt.



# Nejbližší porost mangrovníků (*Avicennia*)



# Vybrané rody mangrovníků

*Rhizophora* – charakteristický obloukovitými vzdušnými opěrnými kořeny (kořenovník, red mangroves)

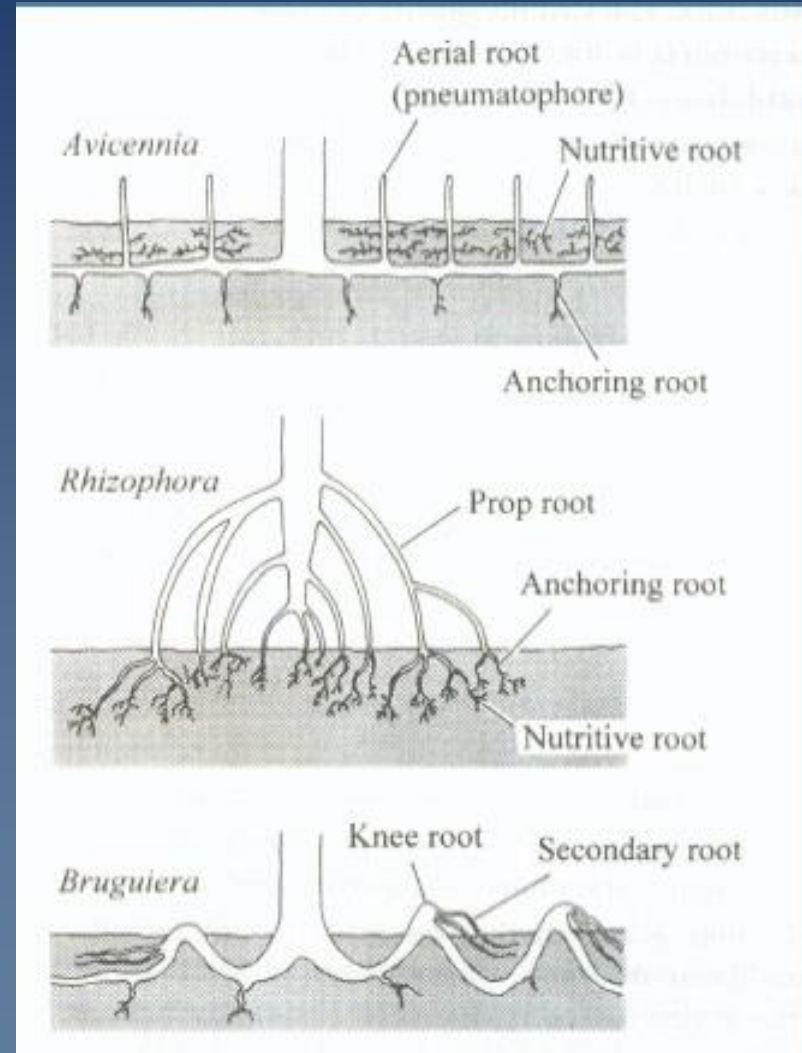
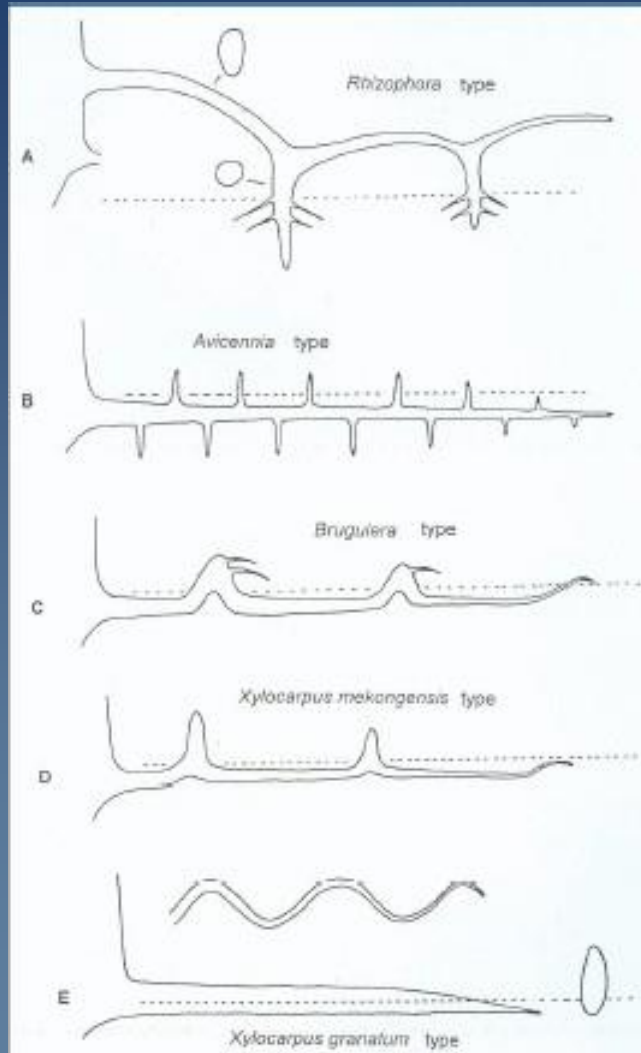
*Avicennia* – typický svými tenkými dýchacími kořeny (kolíkovník, black mangroves)

*Sonneratia* – tvořící tlusté, až 2 m vysoké dýchací kořeny, trčící z bahna (kuželovník)

*Bruguiera* – vystrkující nad bahno kolenovité dýchací kořeny (kolenovník)

*Laguncularia* – dýchací kořeny jsou kyjovitě ztlustlé (kyjovník)

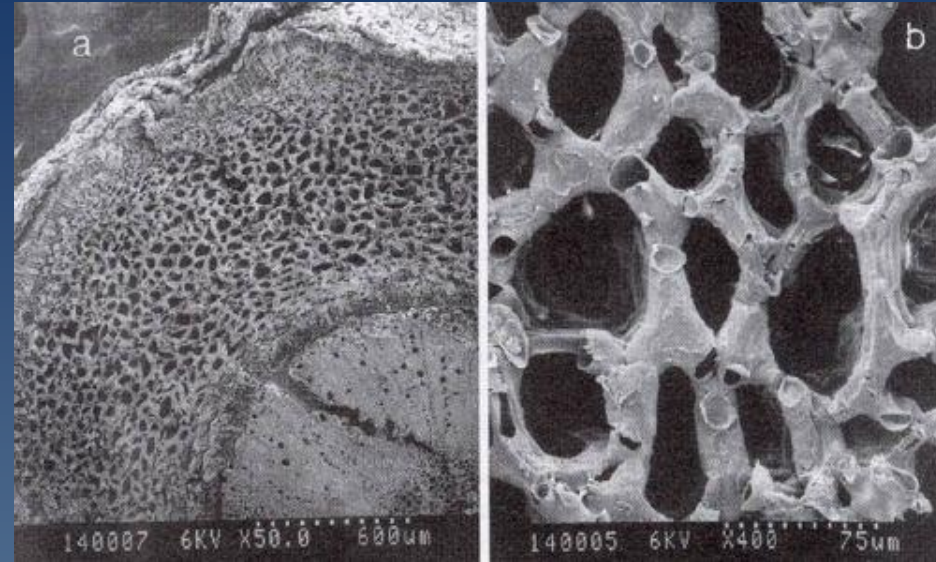
# Kořenové systémy (vzdušné a opěrné kořeny)



# Kořenové systémy

Adaptace na trvale zamokřený substrát a anoxické podmínky.  
(CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S)

Přísun vzduchu zajištěn rozvinutým aerenchymem.



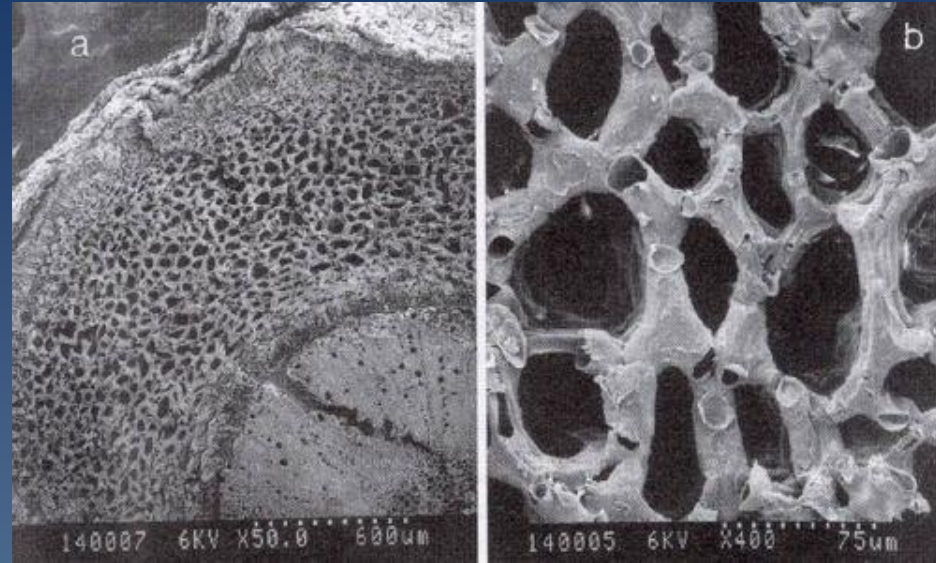
Vlastnosti kořenů r. *Rhizophora* v různých typech prostředí

Prostředí	Lenticely	Chlorofyl	Plynové prostory (% objemu)
Vzduch	+	+	0-6
Bahno	-	-	42-51
Voda (světlo)	-	+	22-29
Voda (tma)	-	-	35-40
Vyschlý písek	-	-	22-28

# Kořenové systémy

Adaptace na trvale zamokřený substrát a anoxické podmínky.  
( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ )

Přísun kyslíku zajištěn rozvinutým aerenchymem.



Mangrovníky sedimentaci ovlivňují:  
mezi kořeny se může zachytit až 80% suspendovaného materiálu neseného přílivem.

Denzita vzdušných kořenů koreluje s rychlostí sedimentace.

Kořeny se mohou podílet na „hospodaření se solí“.

# Adaptace na salinitu

*Avicennia*: vylučování na listech

*Rhizophora*: **vylučování**  
kořeny (ultrafiltrační  
mechanismus korku)  
**+ akumulace** ve vakuolách  
(a shoz)





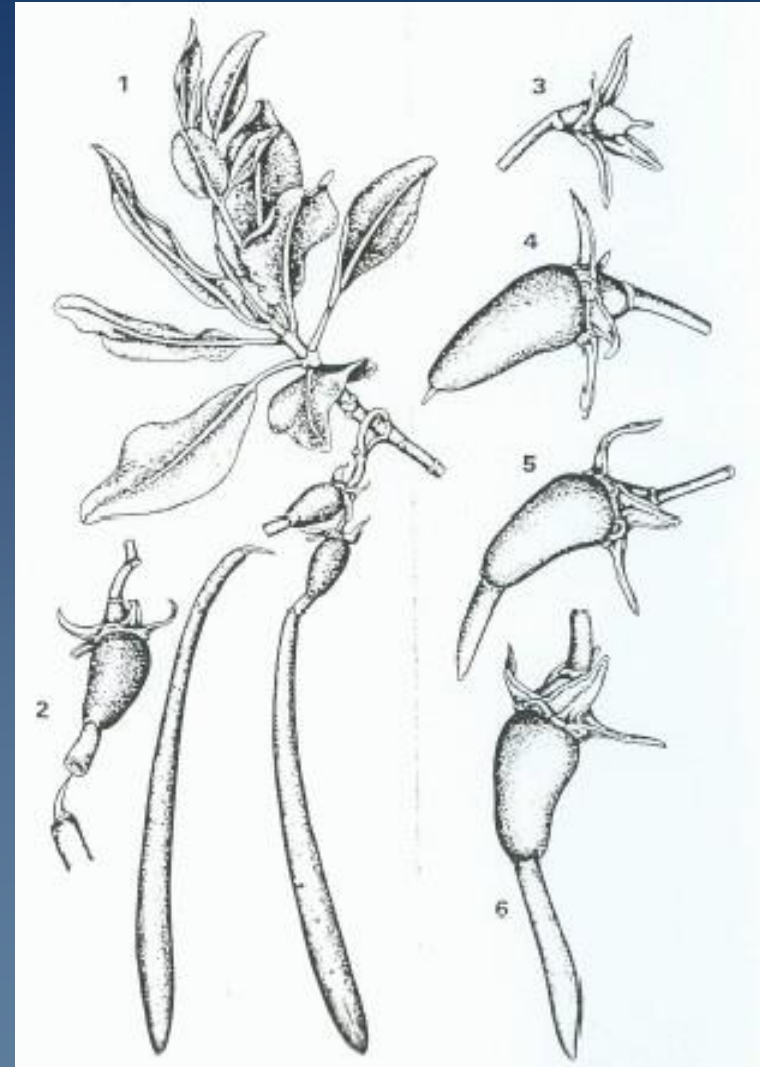
# Rozmnožování

velké množství velkých plodů  
(2 000 000 / ha / rok)

viviparie: adaptace na  
anaerobní prostředí vody  
a sedimentů bránící klíčení

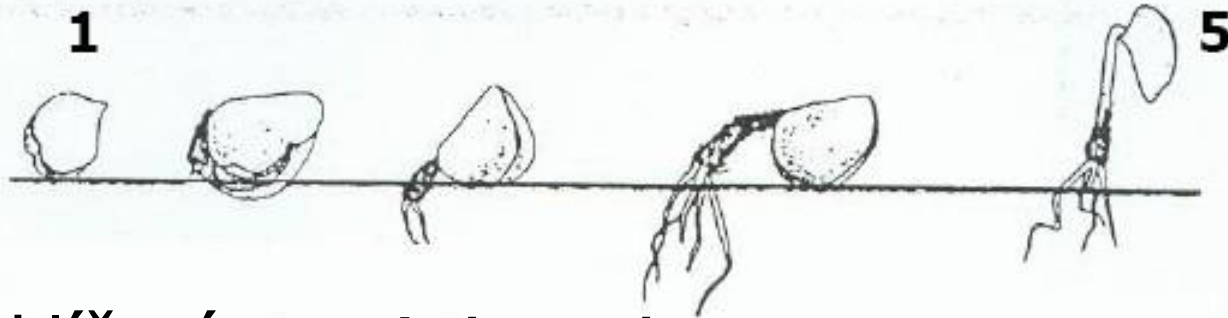
propagule jsou schopny  
tolerovat vyschnutí

mohou přežívat dlouhou dobu  
(~100 dní) --> disperze

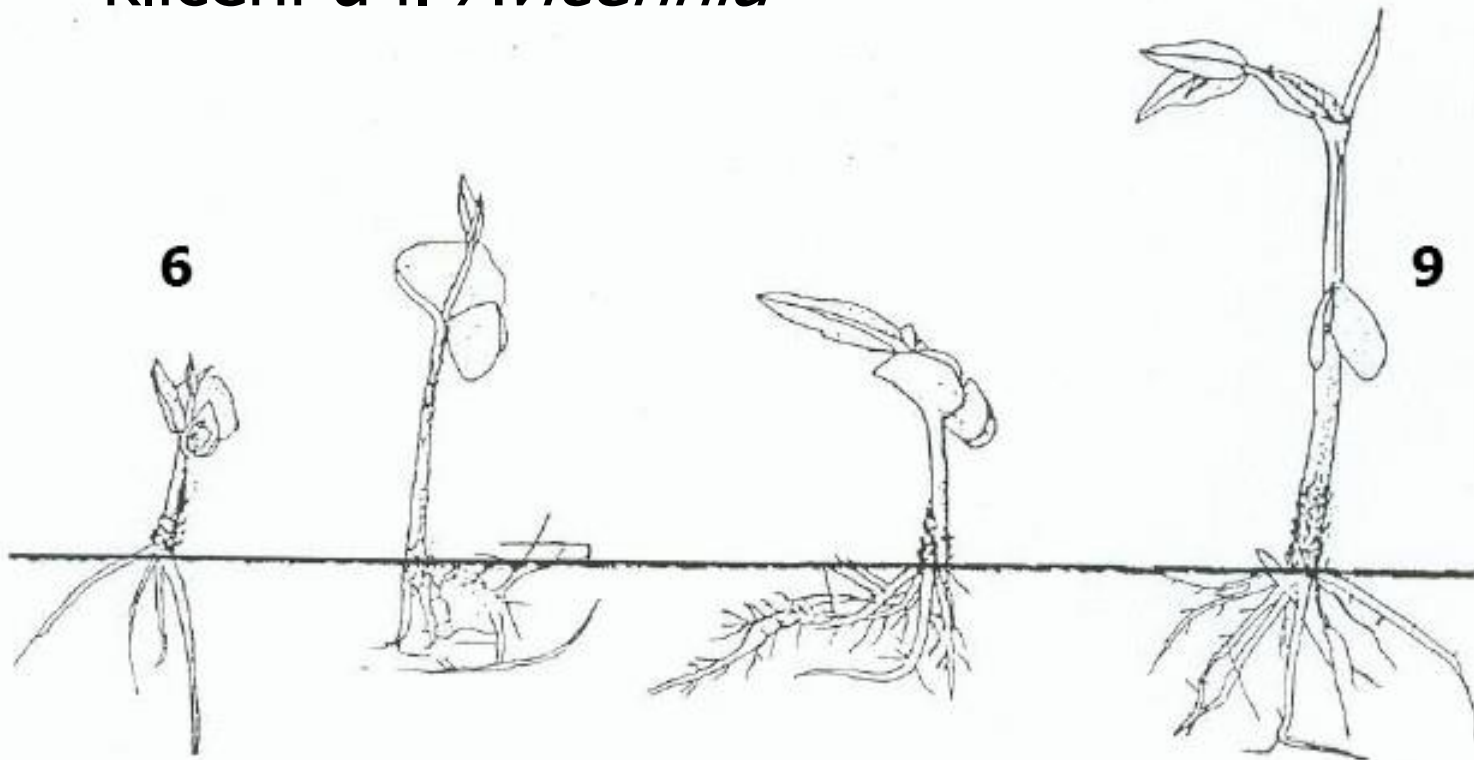


*Rhizophora*

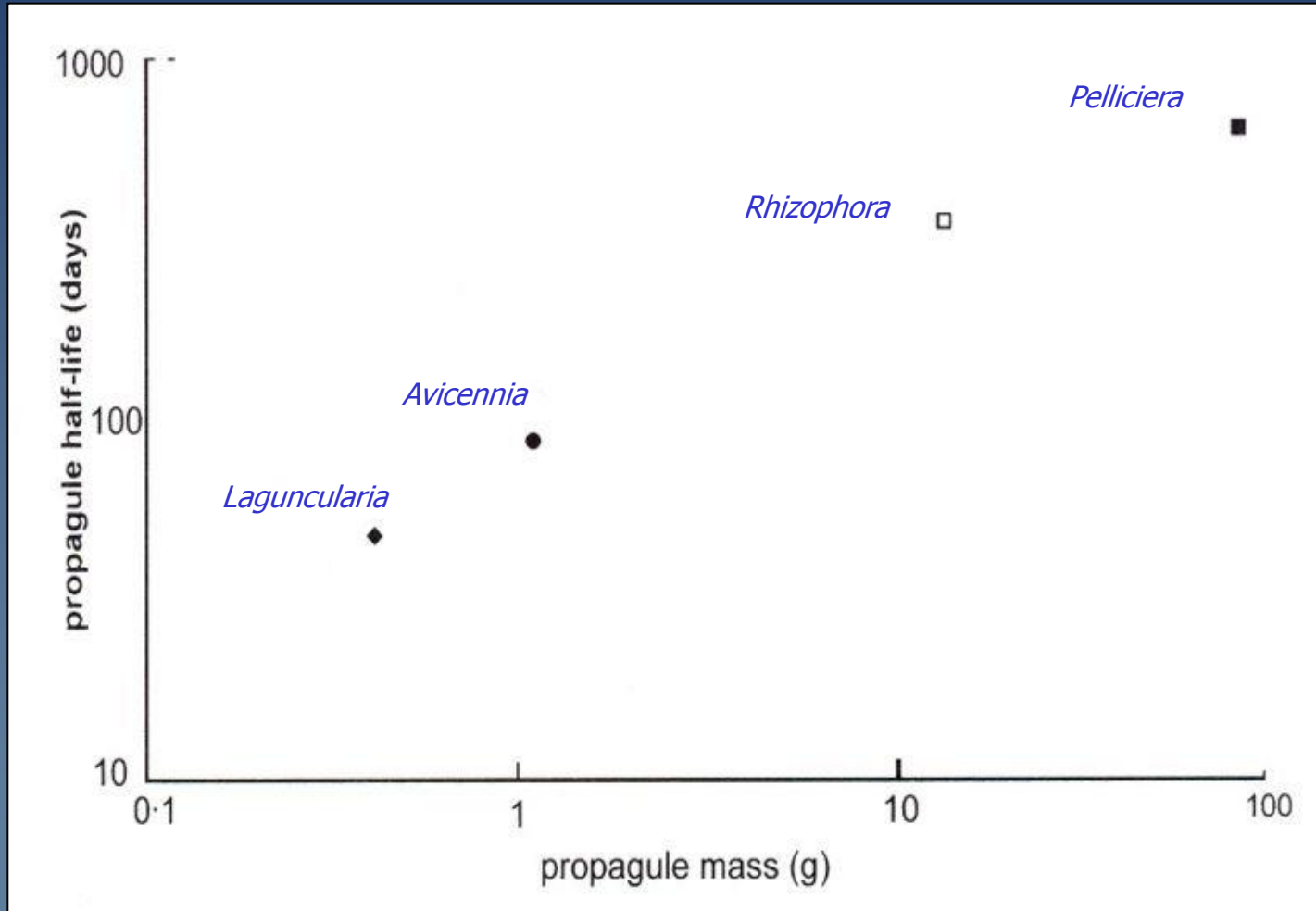
# Rozmnožování



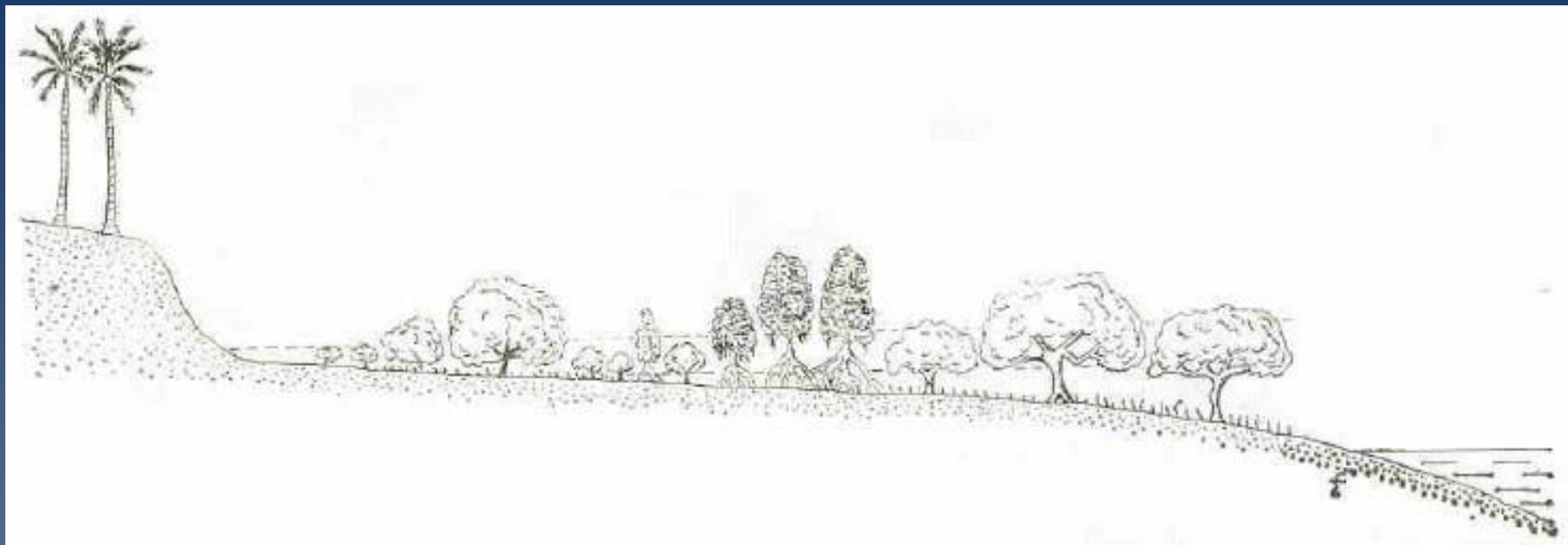
klíčení u r. *Avicennia*



# Vztah mezi velikostí semen a přežívání semenáčků



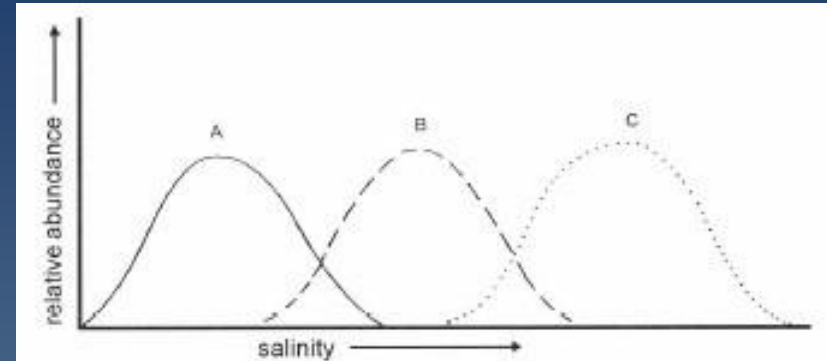
# Zonace



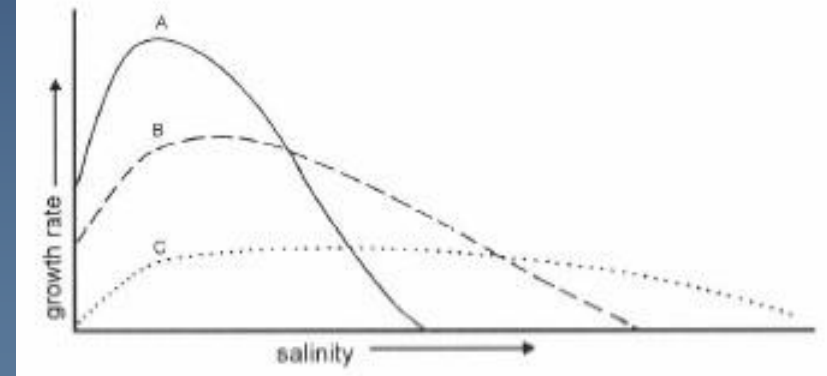
Dle frekvence zaplavování a vysychání, salinity, odolnosti vůči příboji, velikosti propagulí.

# Zonace

Reálná distribuce nemusí odpovídat optimálním požadavkům druhů.



Euryhalinní druhy mangrovů mívají nižší růstové rychlosti než stenohalinní.



Výsledná zonace důsledkem kompetice.

# Biomasa a produkce

Přírůstek biomasy:

18 t/ha/rok (mangrovové plantáže Matang, Malajsie)

14-33 t/ha/rok (mangrovové plantáže, Thajsko)

6,3-45 t/ha/rok (*Rhizophora*, Austrálie)

Produkce opadu:

běžně 5-15 t/ha/rok

2.9 t/ha/rok („trpasličí“ *Rhizophora*, Florida)

# Co se děje s opadem?

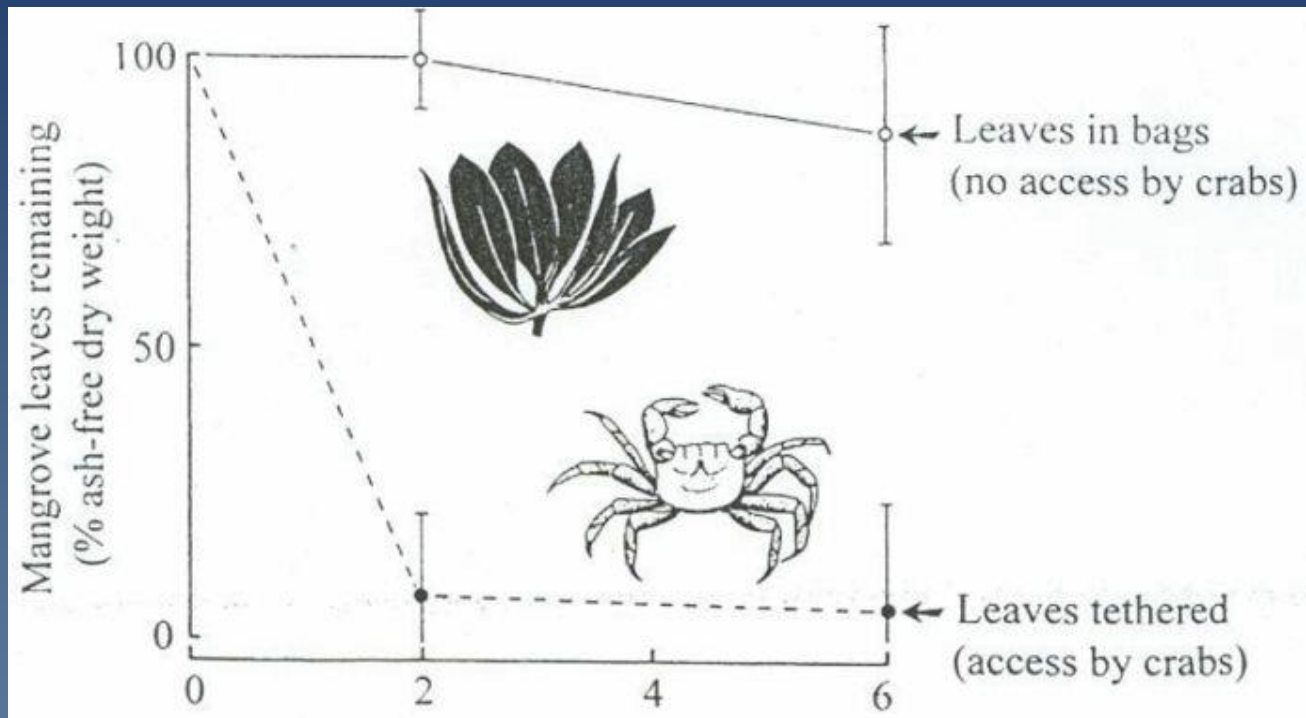
- dekompozice na místě
- export do okolního moře  
(závisí na míře vlivu přílivu  
a na případném říčním přítoku)
- sežráno konzumenty (krabi, plži)
- „uklizeno“ kraby



Přes 30% opadu může být sežráno či zahrabáno, tyto preferují rozkládající se listí před čerstvým.

# Co se děje s opadem?

Listí r. *Rhizophora* vs. krabi r. *Sesarma*, Austrálie



Přímý i nepřímý vliv na zadržování uhlíku v ekosystému, podpora mangrovníků i hrabací aktivitou.



# Oživení mangrovů

## Kombinace mořských a terestrických skupin

- >30 druhů **savců** (vč. opic, tygra, vyder...)
- **ryby** všeho druhu, charakterističtí lezci (*Periophthalmus*)
- krokodýli, varani; skokan *Rana cancrivora*
- bohatá **avifauna** – s vazbou na vodu i bez  
(kormoráni, volavky, ledňáčci, vrány, datli, dravci...)
- **hmyz** (včely, komáři, mravenci, nápadné světlušky...)
- mořští bezobratlí

# Vztahy mangrovů a okolí

- dotace uhlíku do okolního mořského prostředí
- zachytávání sedimentů a ochrana pobřeží před příbojem
- „školky“ pro řadu mořských živočichů
- zdroj potravy / dřeva pro lokální obyvatelstvo

## Ohrožení

- změny charakteru pobřeží (budovatelské aktivity)
- pobřežní akvakultury (zejména chov krevet)
- těžba dřeva (stavební materiál a dřevěné uhlí)