

# Přesahy tématu endosymbiózy do jiných předmětů

## Koncept aktivity:

Na téma endosymbiózy a její role při vzniku organel lze navázat i v jiných předmětech (a to nejen přírodovědných). Tento list obsahuje soubor tipů, jak přes toto téma propojit výuku biologie s jinými předměty.

## Chemie

Mnohé bakterie a archea zpracovávají netypické substráty a produkují netypické odpadní látky, což z nich činí potenciálně zajímavé partnery v různých symbiotických vztazích. K získávání energie mohou mikrobům sloužit exotické typy metabolismů založené mj. na následujících reakcích:

- metanogeneze (např. symbionti nálevníka *Nyctotherus ovalis* nebo brvitek ve střevech termitů):
  - $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- redukce sulfátu neboli desulfurifikace (např. symbionti nálevníků rodů *Metopus* a *Parduzcia*):
  - $\text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2 \Rightarrow \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$
- oxidace sulfidů, typicky sulfanu (např. symbionti nálevníků rodů *Kentrophoros*, *Zoothamnium* a *Pseudovorticella* nebo hlubokomořských červů rodů *Riftia* a *Lamellibrachia*):
  - $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- anaerobní oxidace metanu (např. bakterie porůstající podmořská ložiska metanových klatrátů. Tento metabolismus hraje roli i v tzv. syntrofické hypotéze o vzniku eukaryot – viz pracovní list o testování hypotéz):
  - $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \Rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$

Rozsáhlý přehled rozmanitých mikrobiálních metabolismů v češtině naleznete např. [zde](#).

## Geologie

Metanogenní archea potřebují zdroj volného molekulárního vodíku, který je ovšem díky své reaktivitě na dnešní Zemi vzácnou komoditou. Jednou možností je symbióza s prvky, kteří vodík produkují jako odpadní produkt svého metabolismu. Další možnost je pak využívat vodík vznikající geologickými procesy, především tzv. *serpentinizací*, při které se olivín (peridot) přeměňuje na serpentín, minerál, který tvoří metamorfovanou horninu zvanou hadec (serpentinit), která tvoří např. Mohelenskou hadcovou step či Holubovské a Dobročkovské hadce.

Jednou z nejzásadnějších funkcí mitochondrií je syntéza tzv. *železosirných center*, anorganických kofaktorů některých bílkovin, tvořených atomy železa a síry. Železosirná centra svou strukturou připomínají minerál pyrit. Zásadní význam železosirných center pro všechny živé organismy a jejich podobnost s pyritem dokonce vedla k formulování tzv. *pyritové hypotézy o vzniku života*. Dalšími anorganickými látkami, které mohly podle jiných hypotéz hrát roli při vzniku života, jsou jílové minerály.

## Zeměpis

Prokaryota s exotickými metabolismy se vyskytují, ať už volně nebo jako symbionti eukaryot, v některých zajímavých ekosystémech: Sirné sloučeniny oxidující a redukující bakterie, případně i metanogenní a metanotrofní prokaryota, najdeme v sedimentech a) *pobřežních mangrovů* a b) *porostů mořské trávy* v mělkých mořích, v hlubokomořských c) *chladných vývěrech* často asociovaných s ložisky ropy, d) *černých kuřácích*, tedy hydrotermálních vývěrech poháněných vodou ohřívanou kontaktem s magmatem a e) *alkalických hydrotermálních vývěrech* poháněných serpentinizací (viz výše) čerstvě vyzdvižených hornin zemského pláště.

Porosty mořské trávy najdeme v teplých i chladných mělkých mořích na kontinentálním šelfu všech kontinentů kromě Antarktidy ([mapa zde](#)). Mangrovy porůstají tropická a subtropická pobřeží většiny kontinentů. Nejblíže Evropě je najdeme v Rudém moři a Perském zálivu ([mapa zde](#)). Chladné vývěry jsou nejlépe probádané v Mexickém zálivu, ale najdeme je i u západního pobřeží Severní Ameriky a na dalších místech západní polokoule ([mapa zde](#)). Černí kuřáci a další typy magmaticky ohříváných hydrotermálních vývěrů najdeme především podél středooceánských hřbetů ([mapa zde](#)). Alkalické vývěry jsou mnohem vzácnějším ekosystémem. Nejlépe prozkoumaným je tzv. Ztracené město ve středním Atlantiku ([mapa zde](#)).

## Společenské vědy

Přírodovědci jsou také lidé žijící v nějakém sociálním a kulturním prostředí, které formuje to, jak o věcech přemýšlí a jaké souvislosti v přírodních jevech vidí. Tendenci vědy všimnout si v přírodě zákonitostí, které se podobají principům fungování společnosti, můžeme označit jako *sociomorfní modelování*.

Charles Darwin žil v období průmyslové revoluce a dravého kapitalismu. Podobnou optikou, jakou byl zvyklý vidět společnost kolem sebe, se díval i na přírodu a tak jako hlavní mechanismus evoluce popsal konkurenční boj a přežití nejschopnějšího. Dnešní svět je globalizovaný a kontakt a spolupráce mezi lidmi z různých konců světa je pro nás samozřejmá. Je velmi pravděpodobné, že i proto jsme si začali symbióz a horizontálních výměn informací jakožto motorů evolučního vývoje více všimnout až v posledním půl století.

Myšlenky vědců samozřejmě také formují jejich osobnosti. Lynn Margulisová byla nejen autorkou *teorie o vzniku organel endosymbiózou*, ale také zastánkyní *teorie Gaia* (představa, že živé i neživé složky přírody Země tvoří „superorganismus“, který sám sebe reguluje) a dalších, poněkud exotičtějších (a ne zcela vědeckých) teorií založených na myšlenkách provázanosti a spolupráce. Jejím kritikem a oponentem, který zpočátku odmítal i dnes jako samozřejmost přijímanou endosymbiotickou teorii, byl Richard Dawkins, autor *teorie sobeckého genu* (představa, že přírodní výběr probíhá především na úrovni genů a živé organismy jsou vlastně jen jejich nosiči), ale i člověk profilující se jako silný individualista a libertarián.

## Tělocvik

Studenti si mohou z maximální a klidové tepové frekvence vypočítat práh aerobního a anaerobního pásma (zjednodušeně lze vypočítat jako  $0,75 \times [(220 - \text{věk}) - \text{klidová tepová frekvence}]$ ) a vyzkoušet si cvičit v anaerobním tepovém pásmu. Při cvičení s tepovou frekvencí nad tento práh probíhá ve svalech anaerobní metabolismus, při kterém nepracují mitochondrie a glukóza je zpracovávána mléčným kvašením. Vyprodukovaná kyselina mléčná pak vyvolává bolest svalů.