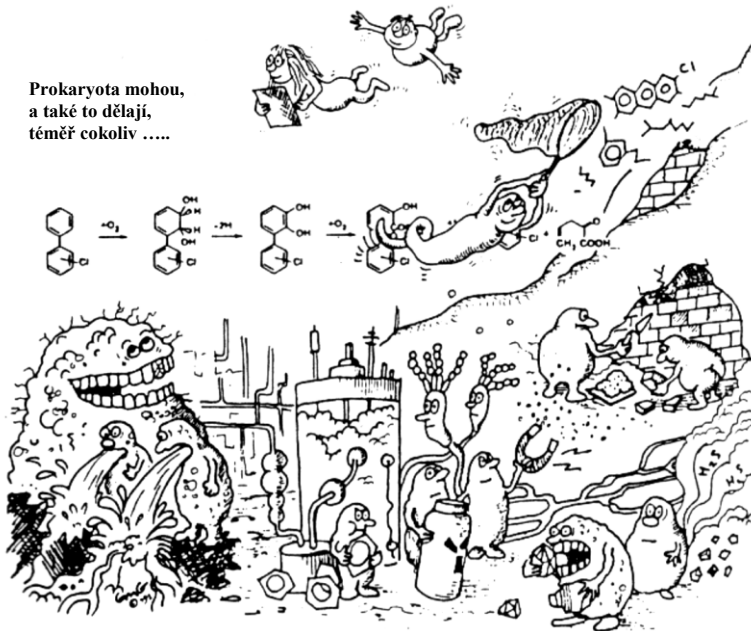


Taxonomie domén *Archaea* a *Bacteria*

Prokaryota mohou,
a také to dělají,
téměř cokoliv



Základní charakteristika prokaryot z domén *Archaea* a *Bacteria*

Prokaryota = organizmy složené z jednotlivých buněk nebo shluků buněk

- nukleoplazma **není** oddělena jadernou membránou
- při buněčném dělení se **nevytváří** vřetenko
- cytoplazmatická membrána má **složitou** strukturu; vakuoly jsou vzácné
- ribozómy **rozptýleny** v cytoplazmě, není endoplazmatické retikulum
- výživa je **vyžadována** v molekulární formě
- buňky mohou být pohyblivé i nepohyblivé
- **všudypřítomní** obyvatelé rozmanitých prostředí
- převážně **jednobuněčné**, vzácně vláknité, mycelární, koloniální

prokaryotní organizmy X odlišitelnost od eukaryotních mikroorganismů

průkaz absence jaderné membrány

Doména *Archaea*

Doména *Archaea* = suchozemské a vodní mikroorganismy (anaerobní, hyperslané nebo hydrotermálně či geotermálně vyhřívané prostředí) - „extremofilové“.

- odlišují se od ostatních prokaryot složením fosfolipidů v membráně, které se skládají z dlouhých řetězců alkoholů navázaných **éterovou vazbou** na glycerol
- postrádají v buněčné stěně murein, tvar buněk je rozmanitý

Některé znaky mají archaea **shodné** s doménou *Eucarya*:

- elongační faktor 2 (EF2) obsahuje dvojitou aminokyselinu difthamid
- první aminokyselina proteosyntézy není formylována
- některé tRNA geny obsahují introny
- RNA polymerázy jsou vícesložkové enzymy
- syntéza proteinů je inhibována anisomycinem, ale ne chloramfenikolem

Hlavní skupiny archaeí

- methanogenní archaea
- sírany redukující archaea
- extrémně halofilní archaea
- archaea postrádající buněčnou stěnu
- extrémně termofilní a síru metabolizující archaea

G+ mají v buněčné stěně pseudomurein, methanochondroitin a heteropolysacharid

G- mají povrchové vrstvy z (glyko) proteinů.

Buňky rozmanitého tvaru (kulaté, spirální, miskovité nebo tyčkovité formy)

Taxonomicky je doména *Archaea* členěna do:

- kmene *Crenarchaeota*
- kmene *Euryarchaeota*

(**tučně** jsou uvedeny ty taxonomické jednotky, které jsou dále v textu stručně zmíněny)

Kmen: *Crenarchaeota*

- morfologicky rozmanité
- obligátně termofilní
- aerobní, fakultativně anaerobní, striktně anaerobní
- skládá se z jedné třídy *Thermoprotei*, která je členěna do čtyř řádů

Třída *Thermoprotei*

- tyčkovité, diskovité, kulovité
- obligátně anaerobní, fakultativně aerobní, obligátně aerobní
- chemolitoautotrofní nebo organotrofní
- celosvětově rozšířené: kyselé termální prameny, bahenní sopky a jámy, podmořské termální prostředí
- skládá se z řádů: *Thermoptoteales*, *Caldisphaerales*, *Desulfurococcales*, *Sulfolobales*

Řád *Thermoproteales*

- tyčky až vlákna, ztlustělé kulaté výčnělky
- hypertermofilní (75 – 100°C), mírně acidofilní (pH 4,5 – 7)
- aerobní až fakultativně anaerobní
- chemolitoautotrofní nebo sirná respirace
- stěna z proteinových nebo glykoproteinových podjednotek
- široce rozšířené v solfatárních horkých pramenech a podmořských hydrotermálních systémech
- řád obsahuje dvě čeledě

Čeď *Thermoproteaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Crenarchaeota*, třída *Thermoprotei*, řád *Thermoproteales*.

- chemolitoautotrofní x organotrofní (sirná respirace)
- čtyři rody

Rody: *Thermoproteus*, *Caldivirga*, *Pyrobaculum*, *Thermocladium*, *Vulcanisaeta*

Thermoproteus

- tyčky (neměnný tvar), obligátně anaerobní
- sirná respirace
- teplotní rozmezí 85 – 90°C, pH 1,7 – 6,5
- kyselé horké prameny a vodní napajedla

Caldivirga

- rovné, zakřivené tyčky, kulaté výčnělky
- anaerobní, mikroaerofilní
- optimum růstu při 85°C, pH 3,7 – 4,2
- kyselé horké prameny

Čeď *Thermofilaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Crenarchaeota*, třída *Thermoprotei*, řád *Thermoproteales*.

- štíhlé tyčky, obligátně anaerobní
- optimum 85 – 90°C, sirná oxidace

Rod: *Thermofilum*

Thermofilum

- buňky rozmanité délky, terminální sférické výstupky
- termoacidofilní (pH 2,8 – 6,7; teplota do 100°C)
- osídlují solfatárové horké prameny

Řád *Desulfurococcales*

- kokovitý až diskovitý tvar
- hypertermofilní (optimum 85 – 106°C)
- růst chemolitoautotrofní nebo organotrofní
- S-vrstva
- široce rozšířené: podmořské hydrotermální soustavy, solfatarické horké prameny
- dvě čeledě

Čeleď *Desulfurococcaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Crenarchaeota*, třída *Thermoprotei*, řád *Desulfurococcales*.

- optimum růstu mezi 85 – 95°C
- anaerobní nebo aerobní
- růst chemolitoautotrofní nebo heterotrofní

Rody: *Desulfurococcus*, *Acidilobus*, *Aeropyrum*, *Ignicoccus*, *Staphylothermus*, *Stetteria*, *Sulfophobococcus*, *Thermodiscus*, *Thermosphaera*

Desulfurococcus

- koky, obligátně anaerobní
- pružná buněčná stěna
- teplotní optimum 85 – 90°C
- pevninské solfatarické oblasti

Ignicoccus

- nepravidelné koky, bičíky
- striktně anaerobní
- chemolitoautotrofní růst (produkují H₂S)
- izolovány z horkých sedimentů a z aktivních sopečných vyvěřelin

Desulfurococcaceae - pokračování

Staphylothermus

- nepravidelné koky, striktně anaerobní
- heterotrofní růst
- hypertermofilní
- mořské prostředí

Stetteria

- koky diskovitého tvaru, pohyblivé
- S-vrstva
- heterotrofní růst
- teplotní rozmezí 68 – 102°C; pH 1,0 – 5,8
- sedimenty mělkých podmořských hydrotermálních pramenů

Čeď Pyrodictiaceae

Doména *Archaea*, kmen *Crenarchaeota*, třída *Thermoprotei*, řád *Desulfurococcales*.

- buňky kokovité až diskovité
- hypertermofilní
- rostou chemolitoautotrofně nebo fermentativně

Rody: *Pyrodictium*, *Hyperthermus*, *Pyrolobus*

Pyrodictium

- buňky nepravidelné, variabilní průměr
- chemolitotrofní, opt. teplota 97 – 105°C
- obal z proteinových podjednotek
- anaerobní sedimenty, hlubinné prostředí

Řád *Sulfolobales*

- kokoidní, laločnaté
- extrémně termoacidofilní, chemolitoautotrofní využívání síry
- aerobní, fakultativně anaerobní, obligátně anaerobní

Čeď *Sulfolobaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Crenarchaeota*, třída *Thermoprotei*, řád *Sulfolobales*.

Charakteristika čeďe – viz popis řádu.

Rody: *Sulfolobus*, *Acidianus*, *Metallosphaera*, *Stygiolobus*, *Sulfurisphaera*, *Sulfurococcus*

Sulfolobus

- buňky kokovité, vysoce nepravidelné, obligátně aerobní, fakultativně chemolitoautotrofní (oxidace sirných rud, síry, tetrathionátu)
- rozmezí 65 – 85°C, pH 1 až 5,5; stěna z glykoproteinových podjednotek
- kyselá kontinentální solfatarová pole, horké úložky na venkovních haldách

Metallosphaera

- pravidelné až nepravidelné koky, pohyblivé, aerobní
- fakultativně chemolitoautotrofní, růstová teplota okolo 75°C, pH 1 až 4,5
- buněčný obal z proteinových podjednotek
- kyselá solfatarová zřídla a bahení sopky, horké úložky na haldách

Sulfurococcus

- kokoidní nepravidelné buňky, S-vrstva (není murein)
- fakultativně litotrofní, termoacidofilní (40 – 85°C, pH 1 až 5,8)
- kyselá pevninská geotermální prameny, sopečný kráter

Kmen *Euryarchaeota*

Kmen se skládá z osmi tříd:

Methanobacteria
Methanococci
Methanomicrobia
Halobacteria
Thermoplasmata
Thermococci
Archaeoglobi
Methanopyri

- morfologicky rozmanité
- grampozitivní i gramnegativní
- pět hlavních fyziologických skupin

Metanogenní archaea

- fylogenetická diverzita
- DNA reasociace, podobnost sekvencování 16S rRNA, fenotyp
- 4 třídy s 5 řády metanogenních archaeí

Třída *Methanobacteria*

- pseudomurein v buněčném obalu
- lipidy složeny z kaldarchaeolu a *myo*-inositolu
- CO₂ je hlavní substrát pro metanogenezi

Řád *Methanobacteriales*

- buňky variabilního tvaru, grampozitivní
- pseudomurein je převládajícím polymerem
- striktně anaerobní (oxidace H₂, akceptorem elektronů je CO₂)
- vysoce specializovaná fyziologická skupina
- široce rozšířené v anaerobním prostředí
- dvě čeledě

Čeľad' *Methanobacteriaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanobacteria*, řád *Methanobacteriales*.

- charakteristika shodná s řádem; oxidují vodík, mravenčan nebo CO
- akceptorem elektronů je CO₂, redukují metanol, síru; nerostou nad 70°C

Rody: *Methanobacterium*, *Methanobrevibacter*, *Methanosphaera*, *Methanothermobacter*

Methanobacterium

- rovné, zakřivené, zkroucené, krátké i vlákna, grampozitivní
- striktně anaerobní, redukce CO₂ na CH₄
- metanogenní prostředí

Methanobrevibacter

- koky, krátké tyčky, grampozitivní, pseudomurein
- striktně anaerobní, redukce CO₂ na CH₄
- vyžadují vitamíny skupiny B
- gastrointestinální trakt člověka i zvířat, ústní dutina člověka, odpadní vody, rozkládající se rostlinný materiál, půda (rýžová pole)

Čeľad' *Methanothermaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanobacteria*, řád *Methanobacteriales*.

- tyčky, pseudomurein i S-vrstva
- striktně anaerobní, chemolitotrofní, nerostou pod 60°C
- horké anaerobní prostředí solfatarových polí

Rod: *Methanothermus*

Methanothermus

- rovné až zakřivené tyčky, obal ze dvou vrstev
- striktně anaerobní, teplota 80 – 88°C, chemolitotrofní
- izolovány ze solfatarových polí

Třída *Methanococci*

- pleomorfní (kokovitý) tvar buněk
- buněčná stěna z proteinů (ne peptidoglykan ani pseudomurein)
- striktně anaerobní, energii získávají při tvorbě CH₄
- osídlují široké rozmezí bezkyslíkatých prostředí
- jeden řád (dva řády → třída *Methanomicrobia*)

Řád *Methanococcales*

- charakteristika – viz třída; kokovité, mořské prostředí; dvě čeledě

Čeď *Methanococcaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanococci*, řád *Methanococcales*.

- nepravidelné koky, stěna z proteinů, pohyblivé
- mezofilní i termofilní
- donorem elektronů je H₂ a mravenčan; akceptorem je CO₂

Rody: *Methanococcus*, *Methanothermococcus*

Methanococcus

- koky po dvou, mezofilní, obligátně anaerobní
- obligátně metanogenní
- slaniska, mořské sedimenty, sedimenty ústí řek

Čeď *Methanocaldococcaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanococci*, řád *Methanococcales*.

- charakteristika – viz třída; hypertermofilní

Rody: *Methanocaldococcus*, *Methanotorris*

Methanocaldococcus

- pravidelné i nepravidelné koky, pohyblivé
- obligátně anaerobní, hypertermofilní, obligátně metanogenní
- hlubokomořské hydrotermální průduchy, sedimenty

Třída *Methanomicrobia*

- původně ve třídě *Methanococci*; methanogenní archaea (2 řády a 5 čeledí)

Řád *Methanomicrobiales*

- kokovité, tyčkovité, šroubovice; proteinová buněčná stěna (pochva)
- striktně anaerobní, energii získávají při tvorbě metanu
- široké rozmezí bezkyslíkatých prostředí
- tři čeledě

Čeď *Methanomicrobiaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanomicrobia*, řád *Methanomicrobiales*.

- charakteristika – viz řád; většinou mořské druhy

Rody: *Methanomicrobium*, *Methanoculleus*, *Methanofollis*, *Methanogenium*, *Methanolacinia*, *Methanoplanus*

Methanomicrobium

- rovné až mírně zakřivené tyčky, pohyblivé i nepohyblivé
- striktně anaerobní, pomalu rostoucí
- CO₂, H₂ a mravenčan – metanogeneze; bachor krav

Methanoculleus

- nepravidelné, kokovité, S-vrstva, termofilní i mezofilní
- striktně anaerobní, chemolitotrofní, H₂/CO₂ → CH₄
- anaerobní bioreaktory, sedimenty

Čeľad' *Methanocorpusculaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanomicrobia*, řád *Methanomicrobiales*.

- charakteristika – shodná s rodem

Rod: *Methanocorpusculum*

Methanocorpusculum

- nepravidelné koky, nepohyblivé i pohyblivé
- striktně anaerobní, CO₂ redukuje na CH₄
- anaerobní bioreaktory, jezerní sedimenty

Čeľad' *Methanospirillaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanomicrobia*, řád *Methanomicrobiales*.

- charakteristika – shodná s rodem

Rod: *Methanospirillum*

Methanospirillum

- zakřivené tyčky, vlákna, pohyblivé
- striktně anaerobní, CO₂ redukuje na CH₄
- obal buňky je dvouvrstevný
- odpadní vody, bioreaktory, mořské sedimenty

Řád *Methanosarcinales*

- buňky kokovité, v balíčcích, pochvaté tyčky; stěna z proteinů
- striktně anaerobní, energii získávají za tvorby metanu
- bezkyslíkaté prostředí
- dvě čeledě

Čeď *Methanosarcinaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanomicrobia*, řád *Methanosarcinales*.

- charakteristika – viz řád

Rody: *Methanosarcina*, *Methanococcoides*, *Methanohalobium*, *Methanohalophilus*, *Methanolobus*, *Methanomethylovorans*, *Methanimicrococcus*, *Methanosalsum*

Methanosarcina

- buňky nepravidelné, sférické, gramvariabilní
- striktně anaerobní, mezofilní i termofilní
- energii získávají za tvorby metanu
- sladkovodní i mořské prostředí, bioreaktory, bacher krav a ovcí

Methanohalophilus

- nepravidelné koky, nepohyblivé
- metylované substráty – tvorba metanu
- striktně anaerobní, mírně halofilní
- sedimenty solných jezer a odpařovacích nádrží

Čeď *Methanosaetaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanomicrobia*, řád *Methanosarcinales*.

- pochvaté tyčky
- acetát → metan a CO₂

Rod: *Methanosaeta*

Methanosaeta

- tyčky, pochva, termofilní i mezofilní
- metanogeneze
- odpadní vody, bioreaktory, horká zřídla, termální jezera

Třída *Methanopyri*

- tyčky, G+ struktura (pseudomurein)
- H_2/CO_2 je přeměňován na metan
- hypertermofilní
- jeden řád s jednou čeledí

Řád *Methanopyrales*

- charakteristika – viz třída

Čeď *Methanopyraceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Methanopyri*, řád *Methanopyrales*.

- charakteristika – viz třída

Rod: *Methanopyrus*

Methanopyrus

- tyčky, S-vrstva
- obligátně anaerobní, hypertermofilní
- chemolitoautotrofní
- hydrotermální sedimenty a horké hluboké průduchy

Třída *Halobacteria*

- tyčky i koky, pleomorfní, halocysty, nepohyblivé nebo pohyblivé
- vyžadují NaCl k růstu (3,5 – 4,5 M NaCl)
- kolonie pigmentované, chemoorganotrofní
- solná jezera, sodná jezera, solivary, sůl, solné doly, nasolené kůže a ryby
- chemotaxonomie odlišuje *Halobacteria* od jiných halofilních prokaryot

Řád *Halobacteriales*

- charakteristika – viz třída

Čeď *Halobacteriaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Halobacteria*, řád *Halobacteriales*.

- charakteristika – viz třída, !?!?! předpona rodového jména „Halo-“

Rody: *Halobacterium*, *Halalkalicoccus*, *Haloarcula*, *Halobaculum*, *Halobiforma*, *Halococcus*, *Haloferax*, *Halogeometricum*, *Halomicrobium*, *Halorhabdus*, *Halorubrum*, *Halosimplex*, *Haloterrigena*, *Natrialba*, *Natrinema*, *Natronobacterium*, *Natronococcus*, *Natronolimnobius*, *Natronomonas*, *Natronorubrum*

Halobacterium

- buňky tyčkovité, pleomorfní, gramnegativní
- striktně aerobní, extrémně halofilní, chemoorganotrofní
- solná jezera, slunešní solivary, solná ložiska, solené fermentované produkty (kažení bílkovinných produktů)

Haloarcula

- pleomorfní tyčky, gramnegativní, aerobní nebo fakultativně anaerobní
- extrémně halofilní, chemoorganotrofní
- pigmentující
- slaná jezera, solivary, slané tůně

Halococcus

- gramnegativní koky, striktně aerobní
- extrémně halofilní, chemoorganotrofní
- slaná jezera, solivary, mořská voda, kazící se nasolené ryby a kůže

Čeď *Halobacteriaceae* - pokračování

Haloferax

- pleomorfní buňky, striktně aerobní, kolonie - mukózní vzhled
- extrémně halofilní, vyžaduje Mg^{2+} , chemoorganotrofní
- mikrobiální populace Mrtvého moře, solivary

Halorubrum

- pleomorfní tyčky, gramnegativní, chemoorganotrofní, neutrofilní
- solivary, solné doly, solná jezera, slaná půda

Natrialba

- gramnegativní tyčky, pohyblivé, striktně aerobní
- pigmentované, neutrofilní i alkalifilní

Natrinema

- pleomorfní tyčky, gramnegativní, striktně aerobní
- chemoorganotrofní, kolonie pigmentované, extrémně halofilní
- kazící se nasolené ryby, solná jezera, solivary

Natronococcus

- gramvariabilní koky, nepohyblivé, aerobní, alkalifilní, halofilní
- alkalické a vysoce slané jezero Magadi

Třída *Thermoplasmata*

- postrádají buněčnou stěnu
- extrémně acidofilní a termofilní

Řád *Thermoplasmatales*

- charakteristika – viz třída

Čeleď *Thermoplasmataceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Thermoplasmata*, řád *Thermoplasmatales*.

- pleomorfní, postrádají buněčnou stěnu
- obligátně heterotrofní
- samozápalné uhelné haldy, pevninské solfatarary

Rod: *Thermoplasma*

Thermoplasma

- buňky pleomorfní, obklopeny trojvrstevnou membránou
- fakultativně anaerobní, S se redukuje na H₂S
- obligátně termoacidofilní, obligátně heterotrofní
- uhelné haldy (samovznícení), kyselá solfatarová pole

Čeleď *Picrophilaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Thermoplasmata*, řád *Thermoplasmatales*.

- nepravidelné koky, aerobní heterotrofní
- extrémně termoacidofilní
- mají buněčnou stěnu

Rod: *Picrophilus*

Picrophilus

- termofilní, hyperacidofilní, obligátně aerobní
- jemná tetragonální vnější S-vrstva
- NaCl inhibuje růst
- horké solfatarové půdy a zřídla

Třída *Thermococci*

- hypertermofilní, heterotrofní
- mořské průduchy, pevninské termální prameny

Řád *Thermococcales*

- buňky sférické, pleomorfní
- striktně anaerobní, rozmanité zdroje uhlíku, tvoří H₂S (merkaptany)
- hydrotermální prostředí

Čeleď *Thermococcaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Thermococci*, řád *Thermococcales*.

- charakteristika – viz řád

Rody: *Thermococcus*, *Palaecoccus*, *Pyrococcus*

Thermococcus

- pravidelné až nepravidelné koky, nepohyblivé i pohyblivé
- striktně anaerobní, extrémně termofilní
- obligátně heterotrofní, vyžadují NaCl
- pobřežní a podmořské solfatary, hydrotermální průduchy, pevninské termální prameny

Pyrococcus

- nepravidelné koky, monopolárně peritrichální
- striktně anaerobní, heterotrofní růst, teplotní rozmezí 67 – 103°C
- vyžadují NaCl
- hydrotermální průduchy, sedimenty solfatar, horké vývěry v aktivních sopečných komínech

Třída *Archaeoglobi*

- pravidelné i nepravidelné koky
- striktně anaerobní, hypertermofilní, neutrofilní

Řád *Archaeoglobales*

- charakteristika – viz třída

Čeď *Archaeoglobaceae*

Doména *Archaea*, kmen *Euryarchaeota*, třída *Archaeoglobi*, řád *Archaeoglobales*.

- charakteristika – viz třída

Rody: *Archaeoglobus*, *Ferroglobus*, *Geoglobus*

Archaeoglobus

- kokovité buňky, pravidelné i nepravidelné
- striktně anaerobní, termofilní
- chemolitotrofní i chemoorganotrofní růst, tvorba H₂S
- stěna složena z S-vrstvy
- mořské sedimenty, hydrotermální systémy, krátery podmořských vulkánů, pod povrchem permafrostu

Ferroglobus

- buňky nepravidelné, kokovité
- striktně anaerobní, termofilní, fakultativně chemolitoautotrofní
- stěna složena z S-vrstvy
- mělké mořské hydrotermální systémy