

Projekt Smart Akcelerator 3, registrační číslo: CZ.02.01.02/00/22_009/0004182

Klíčová aktivita Pilotní ověření, pilotní nástroj **Medikem na Cymplu**

13.

Metodický list – workshop č. 13 na téma

Mikrobiologie, fyziologi buňky, viry, prokaryota

Datum konání: 23. 11. 2024

Lektor: Mgr. Pavlína Drnovcová



**Spolufinancováno
Evropskou unií**



Ministerstvo
školství, mládeže
a tělovýchovy



Krajské inovační centrum
Karlovarského kraje

MIKROBIOLOGIE

neviditelný život kolem nás...

Workshop listopad 2024

bud'

MEDIKEM NA GYMPLU

Mikrobiologie

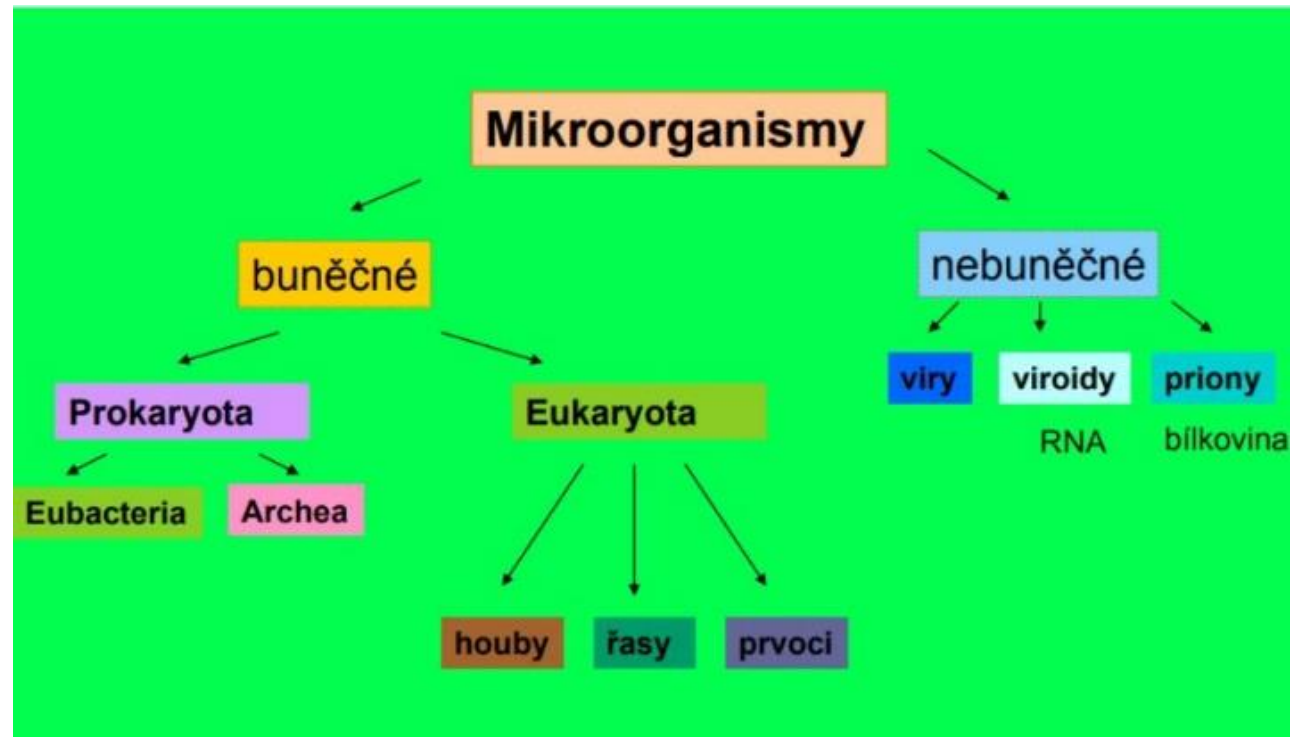
je věda, která se zabývá studiem mikrobů – drobných organismů neviditelných pouhým okem.

Do mikrobiologie spadá několik specializovaných oborů.

Virologie se zaměřuje na viry a priony, zatímco

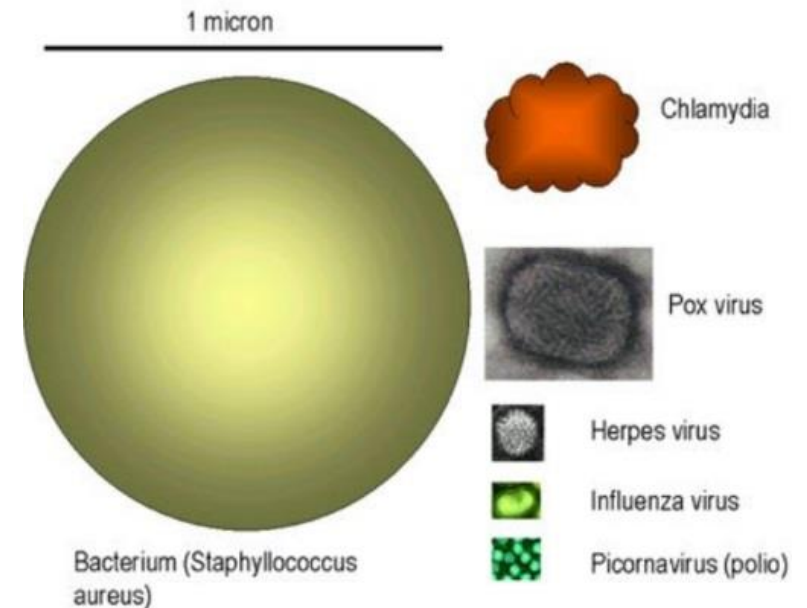
bakteriologie se věnuje studiu bakterií.

Mezi **mikroorganismy** však patří také prvoci, řasy, kvasinky a plísně.



VIRY

- **Viry jsou nebuněčné částice**, které se skládají z nukleové kyseliny (**DNA nebo RNA**) a bílkovinného obalu. Množit se mohou pouze v živých hostitelských buňkách.
- **Nejsou organizovány jako buňky**, ale existují pouze jako virové částice.
- Obsahují vždy **jen jeden typ nukleové kyseliny** – buď **DNA, nebo RNA**.
- **Nemnoží se dělením**, ale syntézou svých složek.
- K této syntéze využívají **ribozomy hostitelské buňky**.
- **Nejsou viditelné běžným mikroskopem**, jejich velikost se pohybuje mezi **20–300 nm**.
- **Nerostou na kultivačních půdách**.
- **Nejsou citlivé na antibiotika**.
- **Šíří se v populaci**.
- **Vyvolávají onemocnění**.
- **Spouštějí imunitní reakci**.



Stavba viru

- Virus vs. fág

Virus je obecný termín pro infekční částici, zatímco fág (bakteriofág) je specifický typ viru, který napadá bakterie.

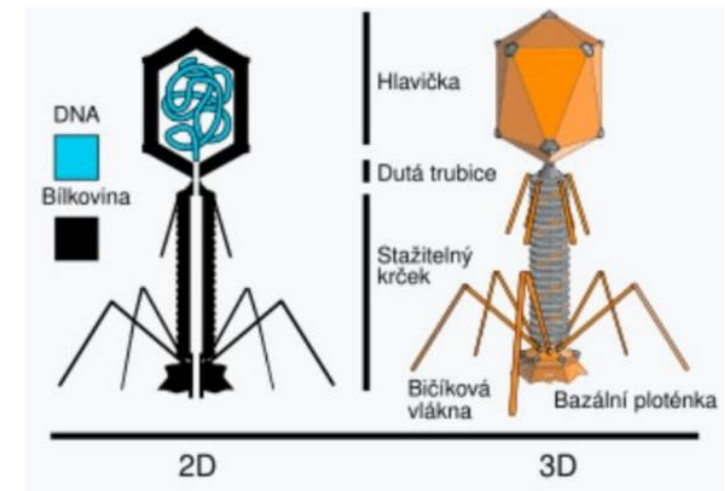
- **Virion** = virová částice

Vnitřní část – dřeň neboli **nukleoid** obsahuje nukleovou kyselinu (DNA nebo RNA). Nukleová kyselina může být kruhová nebo lineární a obsahuje 10 až 100 genů.

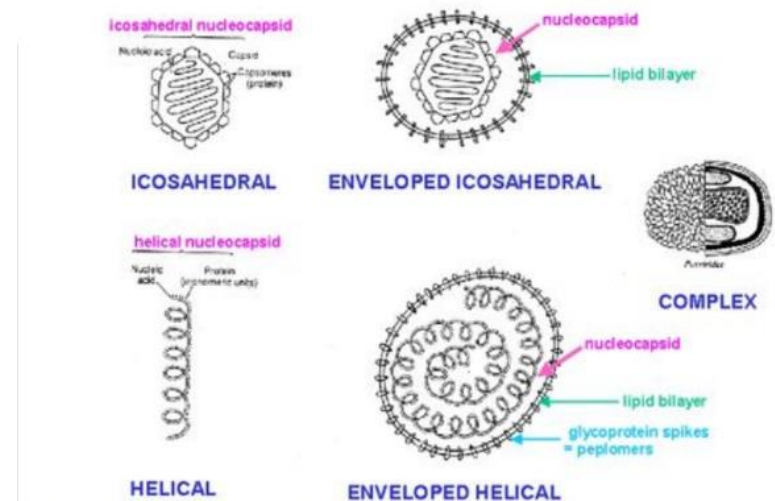
Zevní část – **kapsida** je ochranný proteinový obal viru.

- Nukleokapsida = nukleoid + kapsida. Pokud virus nemá žádný další obal, označuje se jako neobalený virus (např. pikornaviry, adenoviry).

- U obalených virů je nukleokapsida navíc uložena v lipoproteinovém obalu, který napomáhá viru proniknout do hostitelské buňky (např. herpesviry).



5 BASIC TYPES OF VIRAL SYMMETRY



Adapted from Schaeter et al., Mechanisms of Microbial Disease

Nukleová kyselina – typ a organizace virového genomu

- **RNA nebo DNA**

- **Jednovláknová (ss) nebo dvouvláknová (ds)** – V přírodě se nejčastěji vyskytují viry s **jednovláknovou RNA (ssRNA)** nebo **dvouvláknovou DNA (dsDNA)**.

- **Segmentovaná nebo nesegmentovaná** – Virový genom může být rozdělen na **segmenty** nebo tvořit **souvislou (nesegmentovanou) sekvenci**. Při **koinfekci** (napadení jedné buňky dvěma subtypy téhož viru) může během replikace dojít k **výměně genetických segmentů**, což vede ke vzniku nových virových variant.

- **Lineární nebo kruhová** – Genom viru může mít **lineární strukturu** (přímý řetězec nukleotidů) nebo být **kruhově uspořádaný**.

DNA viry – Mohou mít **úplnou dvouvláknovou DNA (dsDNA)** nebo neúplnou formu DNA.

RNA ss+ – **Jednovláknová RNA s pozitivní polaritou** může být **přímo použita jako matrice pro syntézu proteinů**, protože funguje jako **mRNA**.

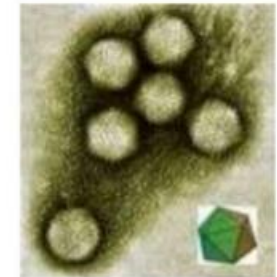
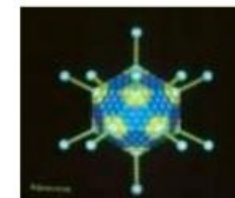
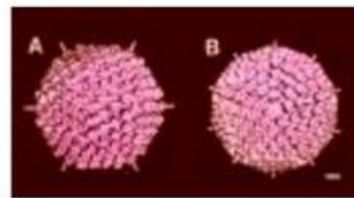
RNA ss- – **Jednovláknová RNA se zápornou polaritou** nejprve musí být převedena na **mRNA**, protože její sekvence odpovídá **antinukleotidům**. Teprve na základě této přepsané mRNA pak mohou vznikat virové proteiny.

Kapsida

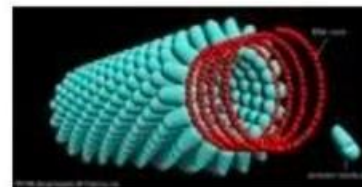
Kapsida je obal viru, který je složen z **bílkovinných podjednotek** nazývaných **kapsomery**. Tyto podjednotky jsou uspořádány symetricky a mohou mít různé typy symetrie:

- **Kubická (ikosaedrální) symetrie** – kapsida má tvar **dvacetistěnu**. Tento typ mají například **herpesviry** nebo **adenoviry**.
- **Spirální (helikální) symetrie** – kapsida má tvar **válce**. Tento typ se vyskytuje u virů jako **orthomyxoviry**.
- **Komplexní symetrie** – tento nepravidelný tvar kapsidy se nachází například u **bičíkatých fágů** nebo **poxvirů**.

Kubická (ikosaedrální) symetrie



Spirální (helikální) symetrie

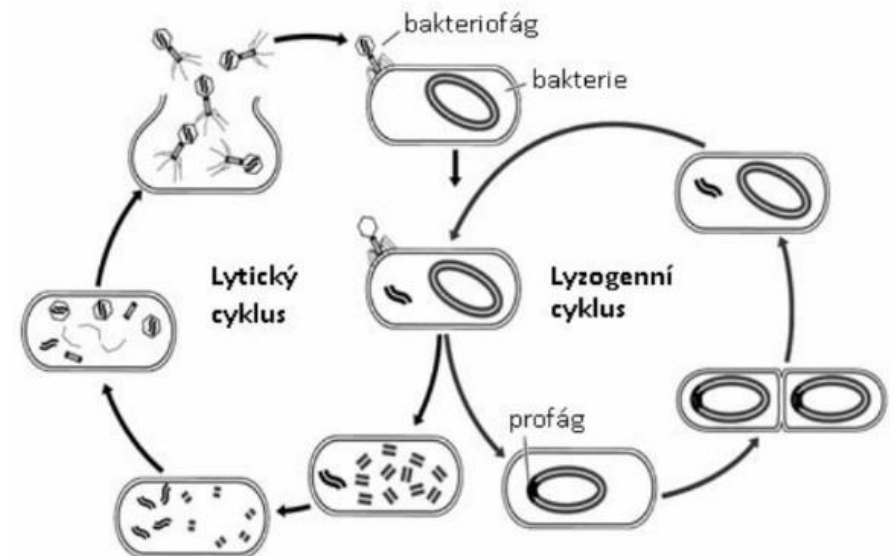


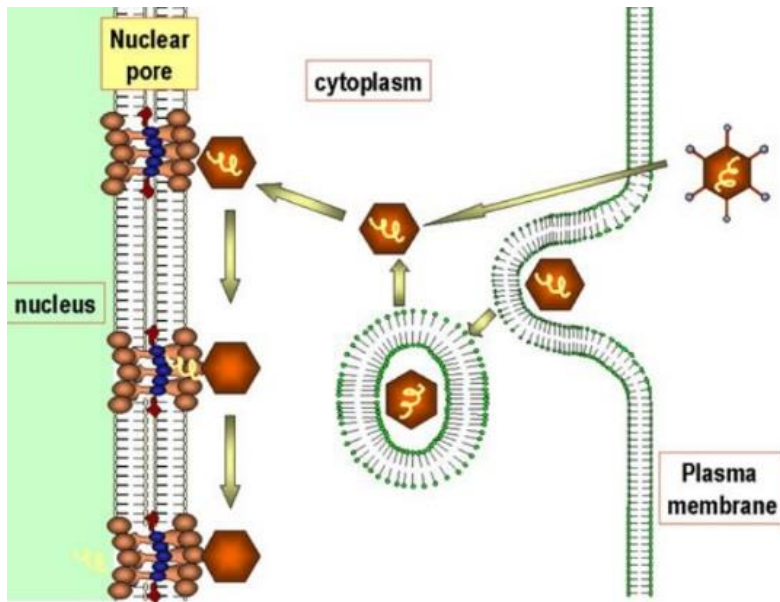
Komplexní symetrie



Životní cyklus virů

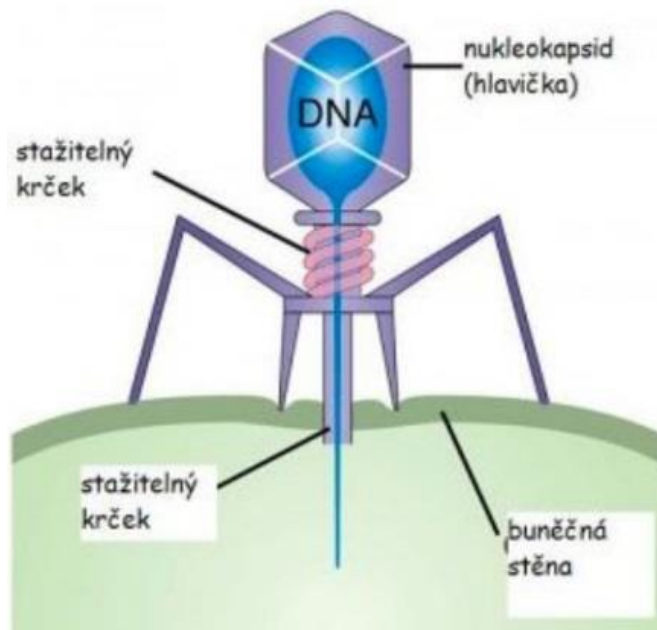
- Adsorpce virové částice na povrch buňky
- Penetrace - průnik virové částice do buňky
- Destrukce virových proteinových obalů a obnažení genomu (uncoating), následuje časná transkripce a translace virových genů
- Replikace virového genomu
- Pozdní transkripce a translace
- Zrání (maturace)
- Uvolnění virových částic z hostitelské buňky





Adsorpce a penetrace viru

- Viry mohou pronikat pouze do "vnímavé" buňky.
- Průběh penetrace se liší u virů a bakteriofágů (fágů).
- Injikace – bakteriofágy vstříkují svou nukleovou kyselinu (NK) do buňky přes membránu pomocí stažitelného krčku.
- Pinocytóza – viry pronikají do buňky vchlípením membrány pomocí pinocytózního váčku.



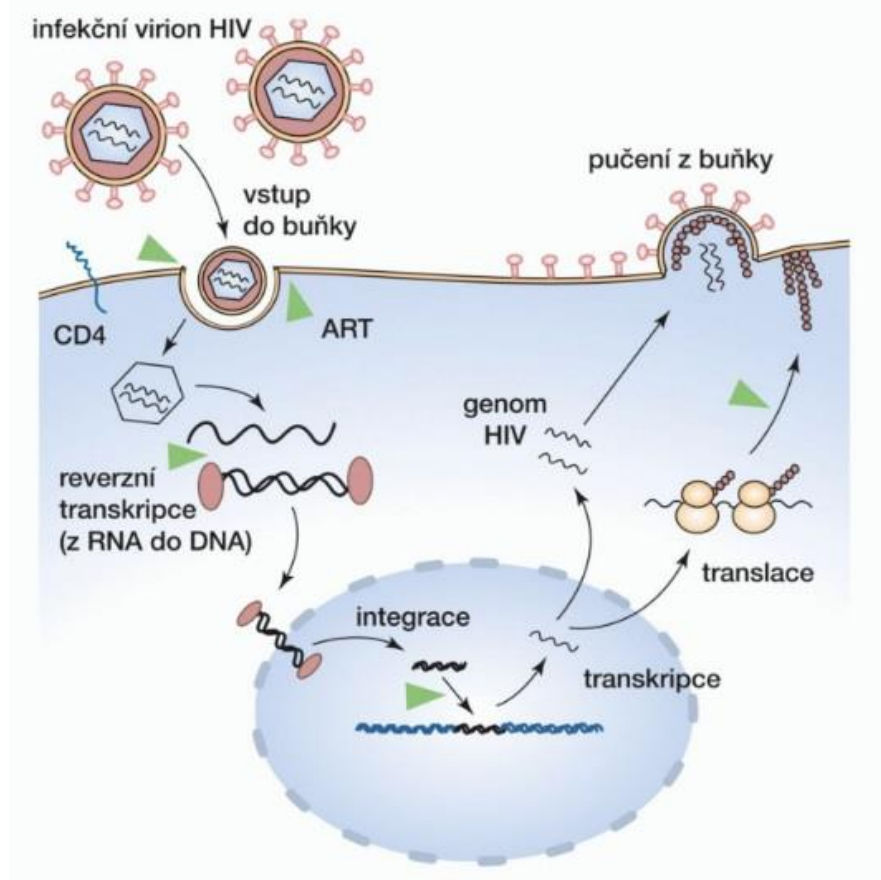
Replikace a transkripce virové nukleové kyseliny (NK)

- Replikaci genomu DNA virů zajišťuje **DNA-polymerasa** hostitelské buňky.
- Genom RNA virů je přepisován **RNA-dependentními RNA-polymerasami** do **komplementárního anti-vlákná**, které následně slouží jako **matrice pro syntézu virové RNA**.
- **RNA genom retrovirů** je přepisován pomocí enzymu **reverzní transkriptasy**, která nejprve vytvoří **hybridní molekulu RNA-DNA**.
- **Virový genom** je přepisován pomocí **hostitelských nebo virových polymeras** do jednotlivých **mRNA**, které se na **ribosomech překládají** a umožňují syntézu **proteinů kódovaných virem**.
- **RNA+ viry** mají nejjednodušší proces replikace, protože jejich **genomová RNA** plní **přímo funkci mRNA**.

*„Kašel v divadle
není respirační onemocnění.
Je to kritika.“
Alan Jay Lerner*

Maturace a uvolnění virových částic

- Strukturní virové bílkoviny se přesouvají do místa, kde probíhá replikace virového genomu. Zde se autoagregací (samonavazováním) spojují a vytvářejí kapsidy, které se následně propojují s virovými genomy. Pro tvorbu těchto bílkovin využívají materiál hostitelské buňky.
- Nové virové částice opouštějí hostitelskou buňku několika způsoby:
 - Pučením
 - Mezibuněčnými kanálky
 - Obrácenou pinocytózou
 - Po lýzi buňky – prasknutím hostitelské buňky, což je součástí **lytického cyklu**.
- **Lyzogenní cyklus** nastává, pokud se virová nukleová kyselina po vstupu do hostitelské buňky nereplikuje a nevytváří nové viriony. Místo toho se virový genom začlení do genomu hostitelské buňky a replikuje se společně s ní. Tento začleněný virový genetický materiál se nazývá **provirus**.



Klasifikace virů

- dle povahy hostitele: viry bakterií (bakteriofágy), kvasinek, prvoků, rostlin, hmyzu, obratlovců
- dle přítomnosti obalu: neobalené viry, obalené viry
- dle charakteru genomu: RNA viry, DNA viry
- dle symetrie kapsidy: viry s ikosaedrální symetrií, helikální symetrií, komplexní symetrií

DNA viry

Nukleová kys.	Typ vlákn	Obal	Tvar	Zástupci
DNA	ss (single strand)	ano	neexistuje	
DNA	ss	bez obalu	ikosahedrál	Parvovirus
DNA	ds (double strand)	ano	ikosahedrál	Herpesviridae (HSV, VZV, CMV, EBV...)
DNA	ds	ano	ikosahedrál	Hepadnaviridae (Hepatitis B vir.)
DNA	ds	ano	komplexní	Poxviridae (virus neštovic)
DNA	ds	bez obalu	ikosahedrál	Adenovirus
DNA	ds	bez obalu	ikosahedrál	Papovaviridae (papiloma viry)

RNA viry

Nukleová kys.	Vlákno a polarita	Obal	Tvar	Zástupci
RNA	ss	bez obalu	ikosahedrální	Picornaviridae (Entero a Rhinovirus)
RNA	ss (-)	ano	helikální	Myxovirus (Influenza)
RNA	ss (-)	ano	helikální	Paramyxovirus (parainfluenza, spalničky)
RNA	ss (+)	ano	ikosahedrální	Togaviridae (m.j. virus zarděnek)
RNA	ss (+)	ano	ikosahedrální	Flavivirus (žlutá zimnice, klíšť. encefalitida a.j.)
RNA	ss (+)	ano	ikosahedrální	Retroviridae (virus HIV)
RNA	ss	ano	helikální	Rhabdoviridae (virus vztekliny)
RNA	ss	ano	helikální	Filiviridae (Ebola)
RNA	ss	ano	helikální	Arenaviridae (Lassa, LCM)
RNA	ss (+)	ano	helikální	Coronavirus
RNA	ds	bez obalu	ikosahedrální	REOviridae (Rotavirus)

DNA viry

1) Parvoviry

- Lidský parvovirus B19 způsobuje pátou dětskou nemoc.

2) Herpesviry

- Virus herpes simplex je původcem oparů.
- Virus varicella-zoster způsobuje plané neštovice u dětí a pásový opar.
- Virus Epstein-Barr je příčinou infekční mononukleózy.

3) Hepadnaviry

- Virus hepatitidy B.

4) Poxviry

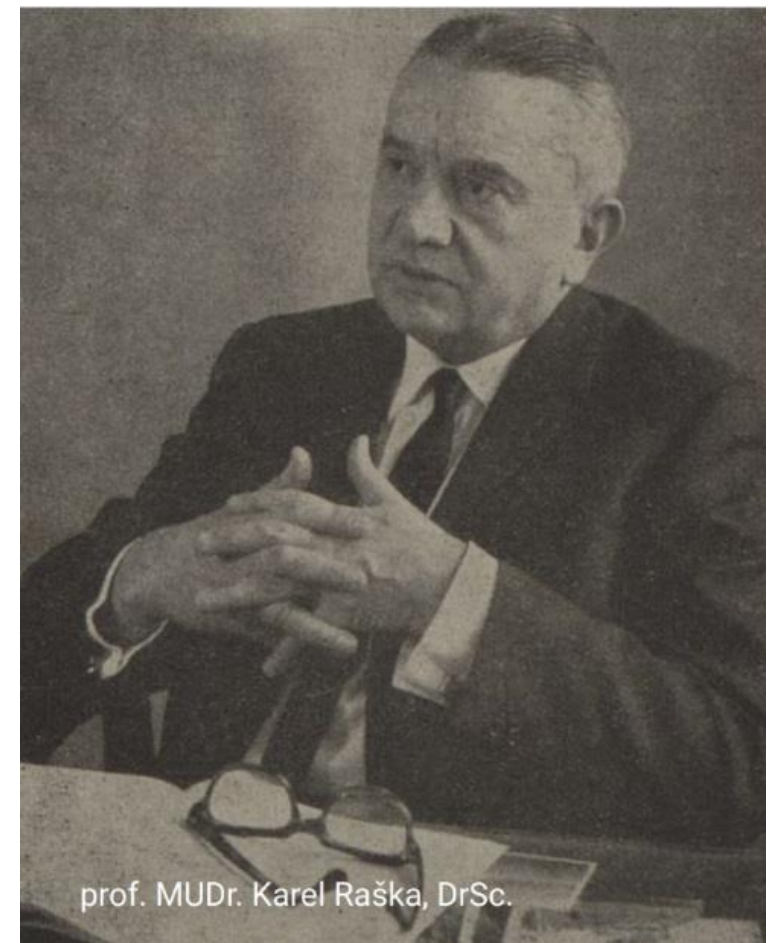
- Virus varioly (pravých neštovic) byl díky celosvětovému očkovacímu programu WHO v roce 1977 **vymýcen**. Většina zemí, včetně ČR, proto od povinného očkování upustila.

5) Adenoviry

- Způsobují záněty dýchacích cest, zánět spojivek a mohou být také původci průjmových onemocnění.

Papovaviry

- Virus HPV je hlavním rizikovým faktorem pro vznik rakoviny děložního čípku.
- Virus lidských bradavic.



prof. MUDr. Karel Raška, DrSc.

RNA viry

1. Pikornaviry

- Rhinovirus – způsobuje rýmu a nachlazení.
- Virus hepatitidy A – původce infekční žloutenky typu A.
- Virus slintavky a kulhavky – postihuje především hospodářská zvířata.

2. Reoviry

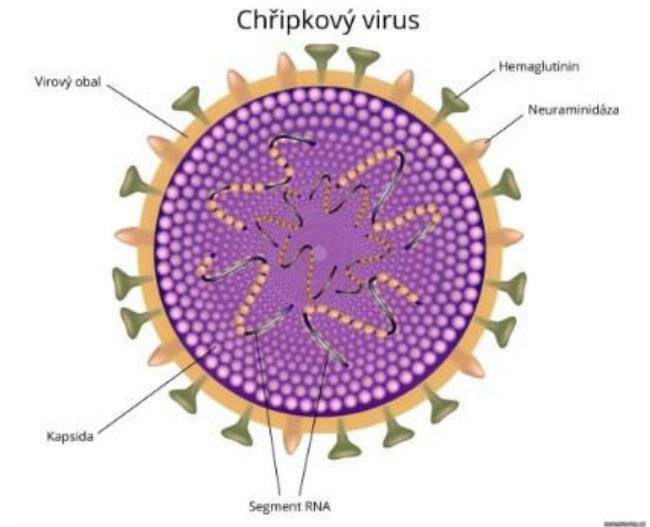
- Rotavirus – hlavní původce průjemových onemocnění, zejména u dětí.

3. Ortomyxoviry

- Virus chřipky – způsobuje chřipku a má dva důležité povrchové antigeny:
 - Hemagglutinin (H)** – umožňuje viru přichycení na buňku a fúzi membrán.
 - Neuraminidáza (N)** – snižuje viskozitu ochranného hlenu, což usnadňuje šíření viru.

4. Paramyxoviry

- Virus spalniček – vysoce nakažlivé virové onemocnění s horečkou a vyrážkou.
- Virus příušnic – onemocnění postihující slinné žlázy.



RNA viry

5) **Pikornaviry**

- Virus zarděnek (rubeola) – způsobuje infekční onemocnění s vyrážkou.

6) **Flaviviry**

- Virus žluté zimnice – První stádium (červené): třesavka, horečka, bolesti beder, zarudnutí. Druhé stádium (žluté): celkový stav se zhoršuje, obličej bledne, může se objevit cyanóza a krvácení ze sliznic. Typický je vomito negro (zvracení černé natrávené krve), což je důsledek poškození jater. Charakteristickým projevem může být žloutenka (ikterus), ale nemusí být vždy přítomna.
- Virus klíšťové encefalitidy – První fáze: chřipka. Druhá fáze: neurologické poškození.
- Virus krvácivé horečky dengue – způsobuje horečnaté onemocnění s možností vnitřního krvácení.

7) **Retroviry**

- Virus HIV – obsahuje enzymy reverzní transkriptázu a integrázu. Reverzní transkriptáza umožňuje přepis genetické informace viru z RNA do DNA. Integráza umožňuje začlenění této DNA do genetické informace hostitelské buňky. Virus HIV napadá T-lymfocyty, množí se v nich a postupně je ničí, čímž výrazně oslabuje imunitní systém a vede k selhání obranyschopnosti.

8) **Rhabdoviry**

- Virus vztekliny – napadá mozkové buňky.

9) **Filoviry**

- Virus Ebola – způsobuje těžké krvácivé horečky s vysokou úmrtností.

Viry

RNA víry	Neobalené	ds	Reovíry	rod Orthoreovirus, rod Orbivirus, rod Rotavirus, rod Coltivirus
		ss(+)	Astrovíry	rod Mamastrovirus
			Calicivíry	rod Noravirus
			Picornavíry	rod Enterovirus – víry coxsackie, echovíry, enterovíry 68–71, poliovíry, rod Rhinovirus, rod Hepatovirus – virus hepatitidy A
			Hepevíry	virus hepatitidy E
	Obalené	ss(+)	Coronavíry	rod Coronavirus, rod Torovirus
			Flavivíry	rod Flavivirus – víry horečky dengue • virus japonské encefalitidy • víry komplexu klíšťové encefalitidy • virus Zika • virus žluté zimnice, rod Hepacivirus – virus hepatitidy C
			Retrovíry	rod Alpharetrovirus, rod Betaretrovirus, rod Gammaretrovirus, rod Deltaretrovirus, rod Epsilonretrovirus, rod Lentivirus – HIV, rod Spumavirus
			Togavíry	rod Alphavirus – EEE • VEE • WEE, rod Rubivirus – virus zarděnek
		ss(-)	Arenavíry	virus horečky Lassa, virus lymfocytární choriomeningitidy
			Bunyavíry	rod Bunyavirus, rod Hantavirus, rod Nairovirus, rod Phlebovirus
			Filovíry	rod Ebolavirus – víry Eboly, rod Marburgvirus – virus marburské choroby
			Ortomyxovíry	rod Influenzavirus A, rod Influenzavirus B, rod Influenzavirus C, rod Thogotovirus
			Paramyxovíry	rod Morbillivirus – virus spalniček, rod Paramyxovirus – virus parainfluenzy • virus příušnic, rod Pneumovirus – lidský respirační syncytiální virus
			Rhabdovíry	rod Lyssavirus – virus vztekliny, rod Vesiculovirus – virus vesikulární stomatitidy
				rod Deltavirus – virus hepatitidy D
DNA víry	Neobalené	ds	Adenovíry	rod Aviadenovirus, rod Mastadenovirus
		Papillomavíry	lidský papillomavirus	
		Polyomavíry	virus BC, virus JK	
		ss	Parvovíry	parvovirus B19
	Obalené	ds	Herpesvíry	virus herpes simplex • virus varicella zoster • virus Epstein a Barrové • cytomegalovirus • lidský herpesvirus-6 (HHV-6) • lidský herpesvirus-7 (HHV-7) • lidský herpesvirus-8 (HHV-8)
		Hepadnavíry	virus hepatitidy B	
		Poxvíry	virus varioly • virus vakcinie • virus molluscum contagiosum	
Nekonvenční víry	Priony			

Subvirové částice

- Subvirové částice jsou menší než viry a jsou tvořeny pouze jednou složkou – nukleovou kyselinou (NK) nebo bílkovinou.

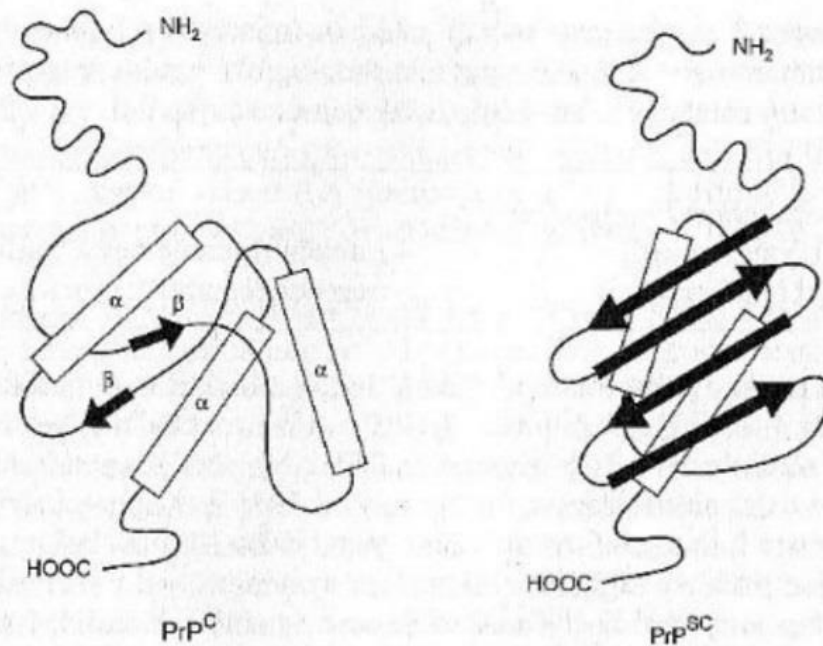
1) Viroidy - Viroidy jsou kruhové molekuly RNA, které způsobují choroby rostlin. Replikují se pomocí enzymu RNA-dependentní RNA polymerasy hostitelské buňky, jehož normální funkce není známa. RNA viroidů nemá funkci mRNA, což znamená, že nekóduje žádný protein.

2) Satelity - Satelity jsou kruhové molekuly nukleové kyseliny, které jsou uzavřené v kapsidech pomocného viru. Mohou napadat jak rostliny, tak živočichy. Příkladem je Hepatitis delta virus.

3) Priony - Priony jsou specifické infekční proteiny, které neobsahují nukleovou kyselinu. Jsou kódovány genem hostitelského organismu a vyskytují se u savců a nižších hub. Napadají nervovou soustavu savců a vznikají posttranslační úpravou normálního glykoproteinu v mozkových buňkách. Priony nejsou antigenní pro imunitní systém.

Onemocnění způsobená priony:

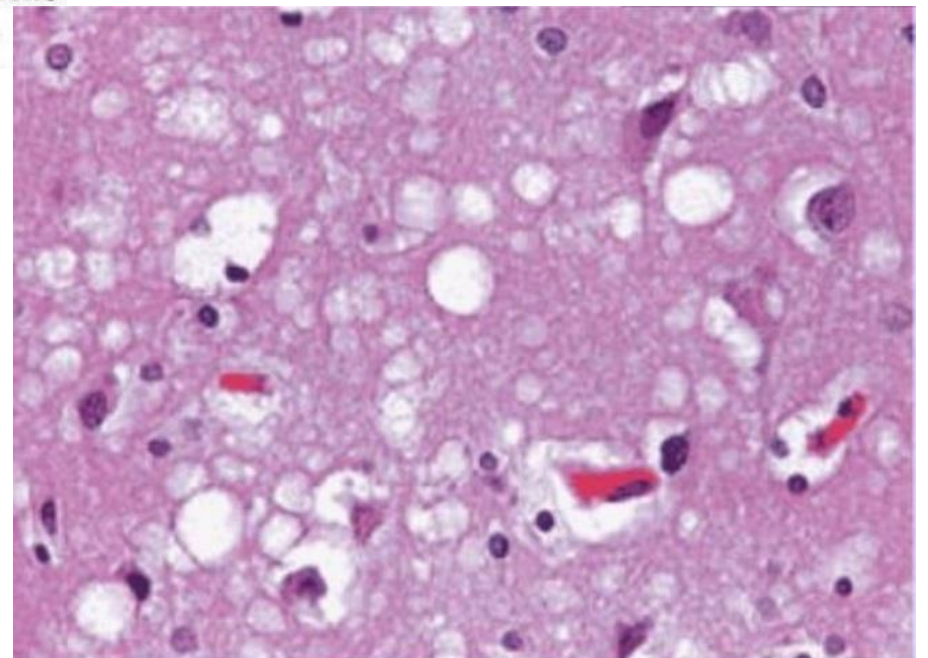
- Svědívka, klusavka (Scrapie)
- Kuru
- Creutzfeldt-Jakobova choroba a BSE



Obr. 50 Model struktury normálního PrP^{C} (s převahou α -helixů) a patologického lidského prionu PrP^{Sc} (s převahou β -struktur v molekule)

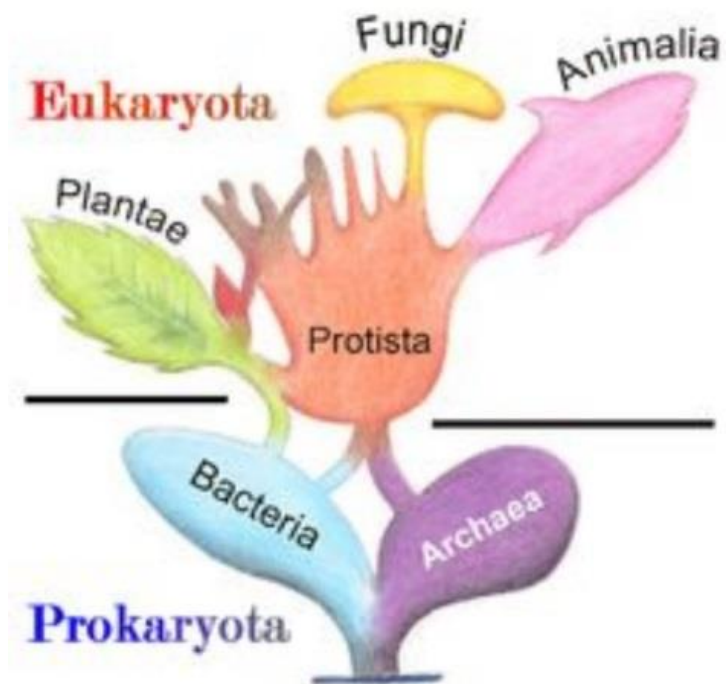
histologický nález v mozku pacientů

„První láska je druh očkování,
který chrání muže
před dalším onemocněním.“
Honoré De Balzac



Prokaryota

domény – Bakterie a Archea



Prokaryotní buňka

- Prokaryotní buňka je jednodušší než buňka eukaryotní.
- **Nukleoid** obsahuje pouze DNA, není ohraničen membránou a jeho chromozom neobsahuje histony, tedy nevytváří nukleosomy.
- **Buněčná stěna**: Obsahuje peptidoglykany murein a pseudomurein. Podle schopnosti barvení se bakterie dělí na **G⁺ (grampozitivní)** a **G⁻ (gramnegativní)**.
- **Slizové pouzdro**: Může být přítomno na povrchu buněčné stěny, kde plní ochrannou funkci.
- **Plazmidy**: Jsou úseky **DNA**, které se mohou včlenit do chromozomu, ale nejsou pro buňku nezbytné. Mohou však obsahovat geny důležité pro přežití, například rezistenci vůči antibiotikům (ATB). Bakterie plazmidy sama nevytváří, ale získává je a replikují se nezávisle na nukleoidu. V jedné buňce se může nacházet až 100 plazmidů.
- **Ribosomy**: Menší než u eukaryot, označují se 70S.
- **Tylakoidy**: Nacházejí se u fotosyntetizujících prokaryot, obsahují fotosyntetická barviva.
- **Mesozomy**: Váčky membránového původu. Obsahují různé látky, např. peroxozomy.
- **Buněčné inkluze**.
- **Chybějící organely**: Prokaryota postrádají většinu organel, zejména membránové organely.

Gramovo barvení a rozdíly mezi grampozitivními a gramnegativními bakteriemi

Gramovo barvení je metoda, která umožňuje rozlišit dva hlavní typy bakteriálních buněk:

Grampozitivní bakterie (G^+) se barví modrofialově.

Gramnegativní bakterie (G^-) se barví červenorůžově.

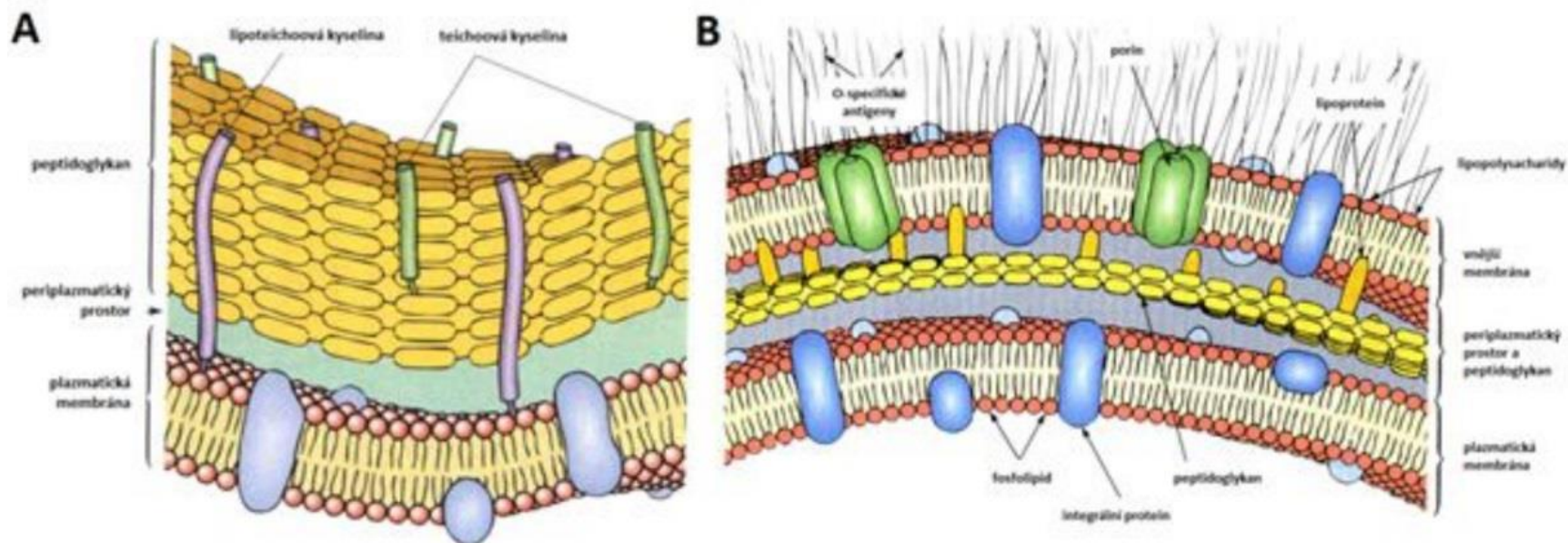
Buněčná stěna grampozitivních bakterií:

Je tvořena silnou vrstvou peptidoglykanu. Obsahuje teichoové kyseliny, které procházejí skrz celou buněčnou stěnu až na její povrch. Neobsahuje lipidy ani bílkoviny.

Buněčná stěna gramnegativních bakterií:

Má tenčí vrstvu peptidoglykanu.

Nad ní se nachází vnější membrána, která je složena z dvojvrstvy lipidů a bílkovin.



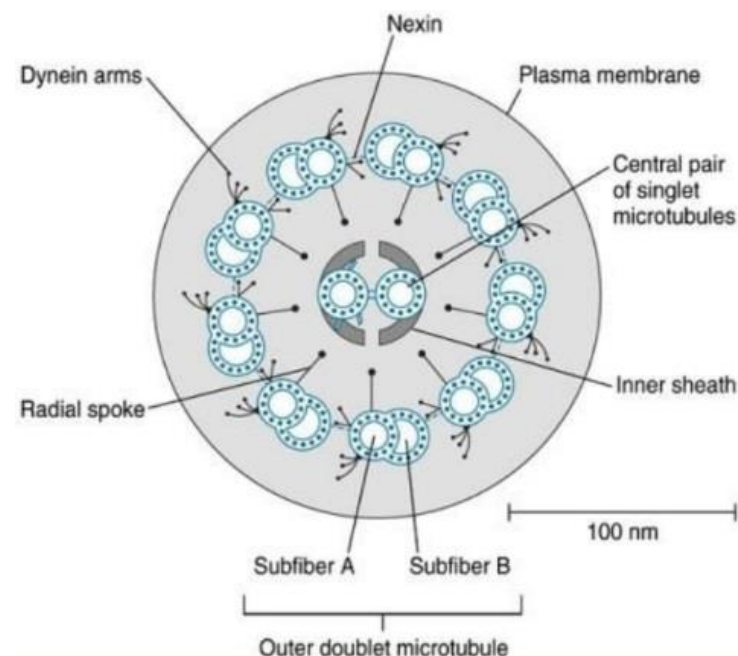
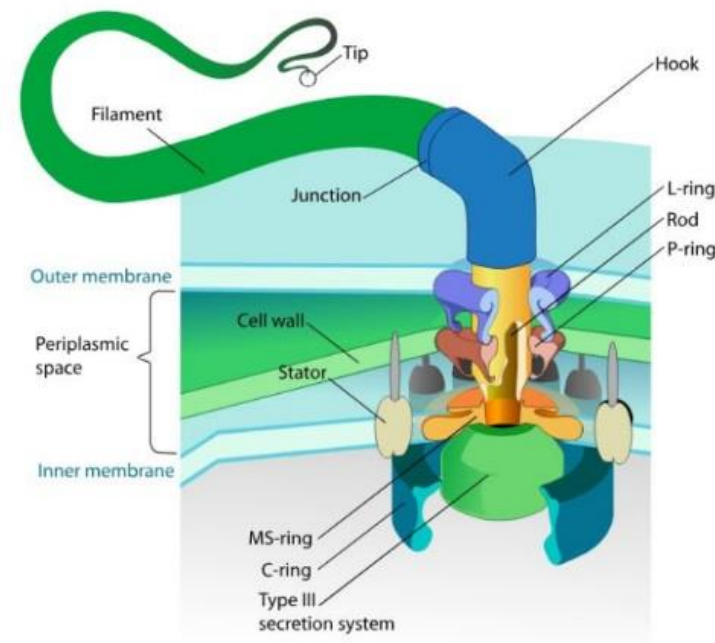
Pohybové struktury bakterií

- **Bičík (flagellum)**

Vlákno bičíku je vystavěno z molekul bílkoviny flagelinu, jednotlivé monomery jsou uspořádány do šroubovice tak, že vytváří duté mikrotubulové vlákno. Bičík obsahuje devět dvojic těchto vláken navzájem propojených dyneinovými můstky. Při pohybu se bičík točí jako lodní šroub. energii pro pohyb mu poskytuje protonový gradient na membráně.

- **Fimbrie (pili)**

Krátká rovná vlákna vyčnívající z povrchu bakterie všemi směry. Pouze u G⁻. Jsou dutá, vystavěna z proteinových jednotek. Funkce: schopnost specifické adherence, vytváří můstek mezi buňkami při konjugaci.



Rozmnožování a změny genetického materiálu prokaryot

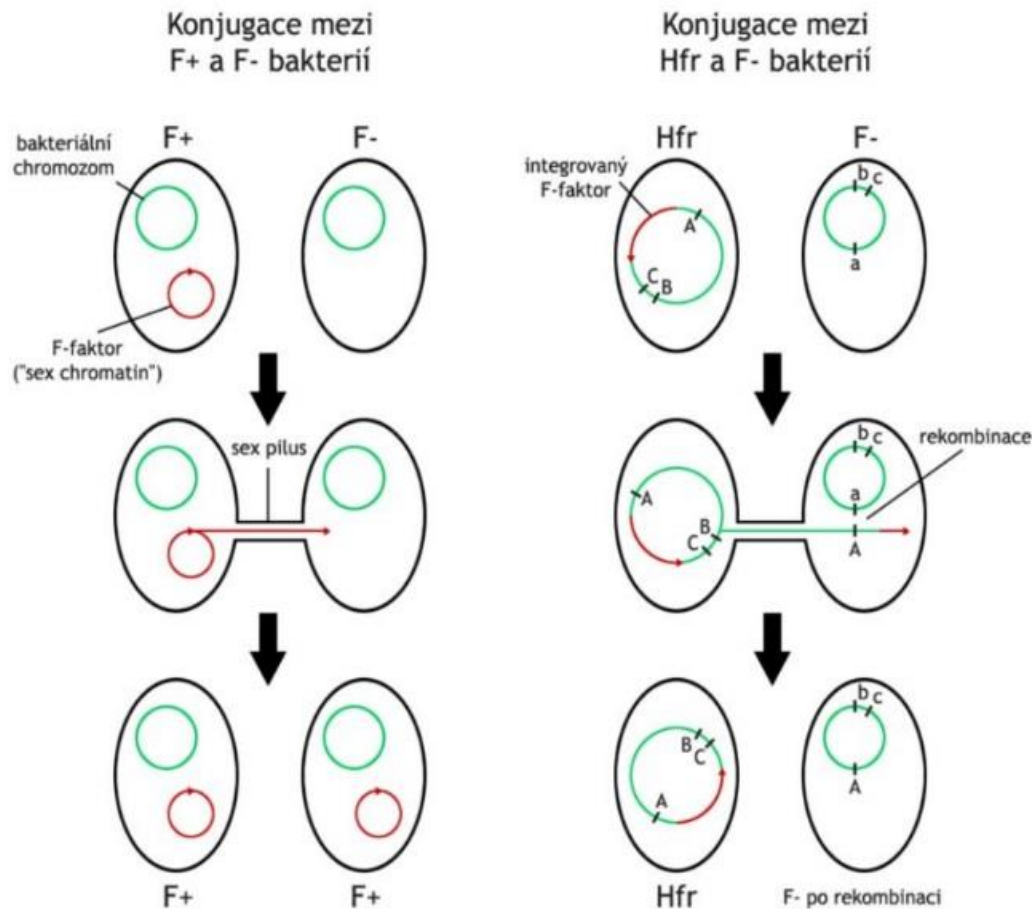
- Většina prokaryot se rozmnožuje asexuálně (nepohlavně).
- Nejčastější je **binární dělení** - buňka se rozdělí na dvě identické dceřiné buňky.
- Některé prokaryotické organismy, například vláknité sinice, se rozmnožují **fragmentací**, kdy se vlákna rozpadají na menší části zvané **hormogonie**.
- U aktinomycet probíhá rozmnožování **pučením** - nová buňka vzniká jako výběžek mateřské buňky.
- **Sporulace** – nejprve se replikuje DNA a poté dochází k asymetrickému buněčnému dělení. Menší část buňky se obalí dvojitou membránou a vytvoří sporu, zatímco větší část, nazývaná sporangium, nakonec zanikne lyzí (rozpadem buňky).

Změny genetického materiálu = parasexuální děje:

Výměna genetické informace u prokaryot probíhá prostřednictvím parasexuálních dějů, při kterých dochází k přenosu a rekombinaci genetické informace.

- **Konjugace**
- **Transformace**
- **Transdukce**

KONJUGACE



Dochází k vytvoření spojení mezi dvěma bakteriemi pomocí sexfimbrie a dále k přenosu části nebo celého genomu z dárcovské buňky do buňky příjemce.

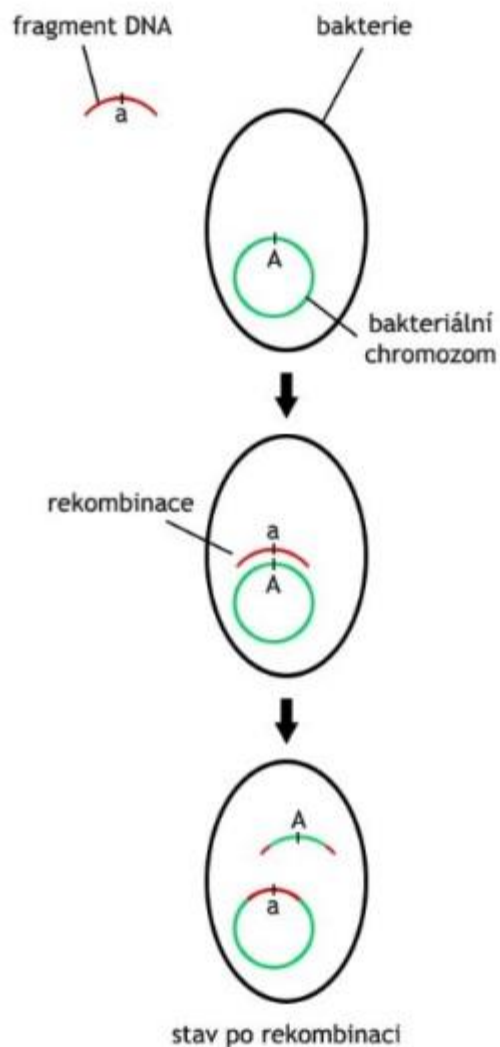
O schopnosti přenést část své genetické výbavy do druhé bakterie rozhoduje přítomnost sex-chromatinu (F-faktoru), který má dvě podoby:

- F-plazmidu
- Hfr - zabudovaný do chromosomu nukleoidu.

F+ a jsou vždy donory genetické informace. V případě předání F-plazmidu, se F- buňka přeměňuje na buňku F+ a je také schopna předávat svou genetickou informaci.

Popsaný proces je typický pro Gram-negativní bakterie. Gram-pozitivní bakterie nevyužívají pili, ale adhesiny, díky kterým se buňky dočasně spojí, aby mohlo dojít ke konjugaci.

TRANSFORMACE



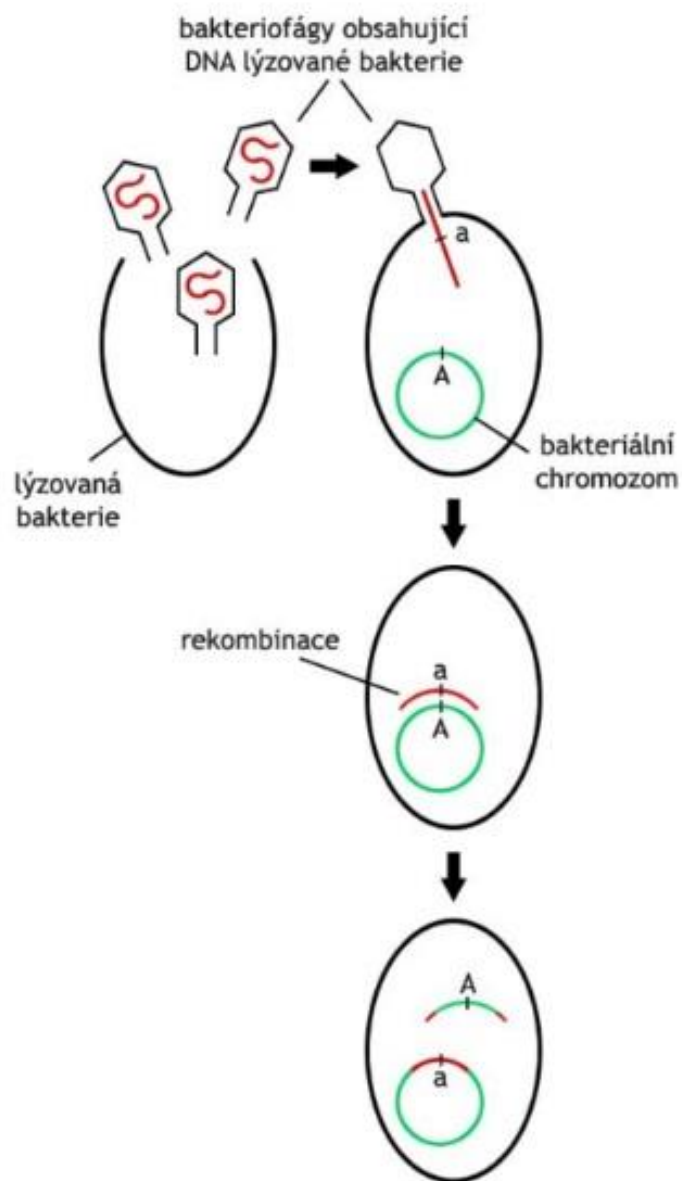
Transformace je přenos genetické informace mezi bakteriemi.

Je to aktivní, enzymy řízený a energeticky náročný proces. Probíhá při ní zpětná rekombinace geneticky aktivního materiálu. Izolované nebo z donorových buněk uvolněné alely jsou přenášeny do buněk recipientních (prostřednictvím DNA). Tento proces může vnést například geny pro virulenci.

U grampozitivních bakterií je zásadní přítomnost peptidu zvaného faktor kompetence, který je nezbytný pro transformaci. U gramnegativních není kompetenční faktor třeba, k transformaci zde ale dojde pouze u velmi příbuzných bakterií.

Dárcovská DNA se váže na buněčný povrch, jedno vlákno je rozloženo, druhé přeneseno pomocí přenašeče do buňky. Při rychlém dělení bakterií nemusí dojít k opravě chybného párování bazí. Dochází ke vzniku jednoho chromozomu s původní výbavou a druhého s výbavou dárcovskou. Polovina potomstva je transformována a druhá polovina není.

TRANSDUKCE



Přenos části genetické informace z jedné bakterie do druhé (recipientní) prostřednictvím bakteriofága. Transdukce je možná v lyzogenním cyklu reprodukce virů.

Transdukce je přirozený prvek moderního genového inženýrství, kdy temperovaný fág napravuje dědičný defekt hostitele vnesením normálního genu do jeho genomu.

Transfekce = umělá infekce buňky virovou NK

Temperovaný fág - fág způsobující lyzogenii

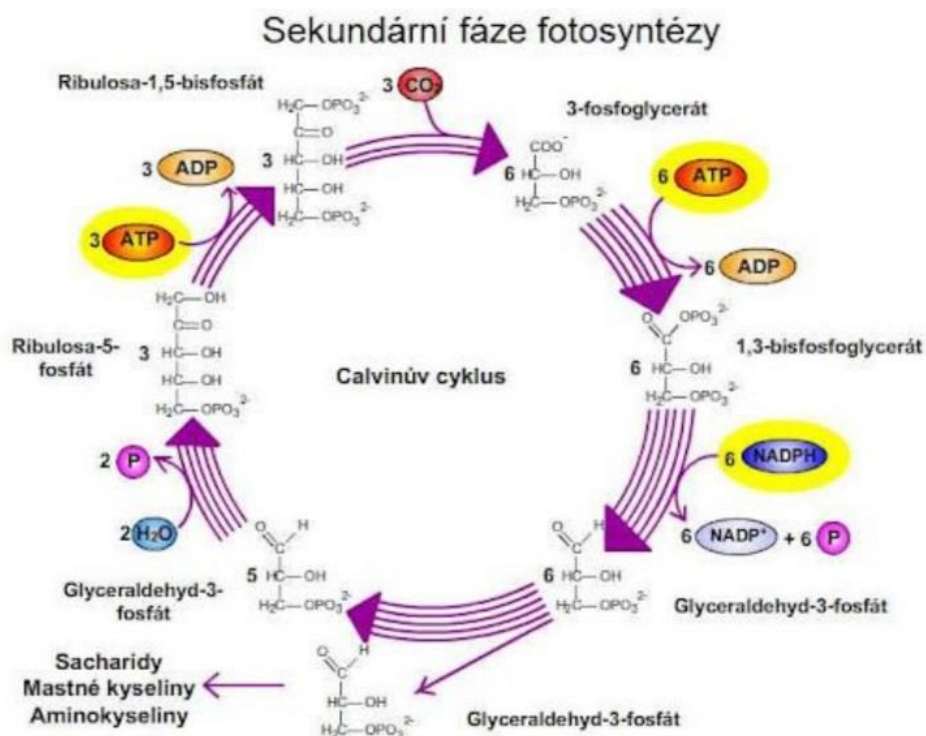
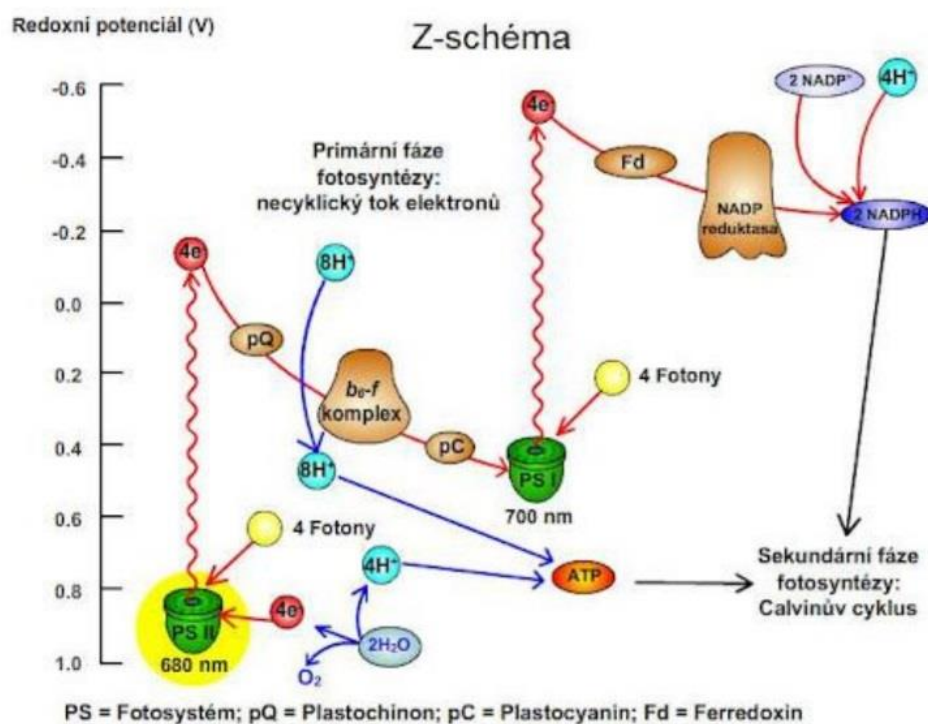
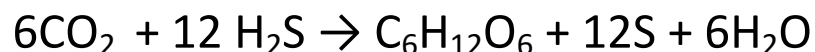
Výživa bakterií

- Všechny mikroorganismy lze rozdělit:
- Podle zdroje energie:
- Fototrofní – využívají světelnou energii.
- Chemotrofní – získávají energii z chemických vazeb.
- Podle zdroje redukčních ekvivalentů (nejčastěji vodíku, H):
- Litotrofní – redukční ekvivalenty získávají z anorganických sloučenin.
- Organotrofní – redukční ekvivalenty získávají z organických sloučenin.
- Podle zdroje uhlíku:
- Heterotrofní – uhlík získávají z organických sloučenin.
- Autotrofní – uhlík získávají z oxidu uhličitého (CO₂).
- Mixotrofní – uhlík získávají kombinací heterotrofního a autotrofního způsobu.
- Podle vztahu ke kyslíku:
- Obligátně aerobní – kyslík potřebují k životu.
- Obligátně anaerobní – kyslík je pro ně toxický, k dýchání využívají NO₃⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻.
- Fakultativně anaerobní – mohou být dočasně aerobní a využívat kyslík.

*„Zdraví - to je taková
ošklivá nemoc,
říkají bakterie.“
Piet Hein*

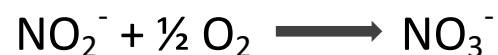
1. fotoautotrofni (fotolitotrofni):

1. sinice, prochlorofyty -fotosyntetizují podobně jako rostliny, mají 2 fotosystémy
2. purpurové sirné a zelené sirné bakterie - mají 1 fotosystém



2. chemoautotrofní (chemolitotrofní) - energii získávají oxidací některých anorganických látek atmosférickým kyslíkem

a) nitrifikační bakterie oxidují amonné soli nejprve na dusitany a poté na dusičnany



b) sírné bakterie oxidují síru nebo siřičitany na sírany



c) bakterie oxidující methan



d) bakterie oxidující vodík na vodu



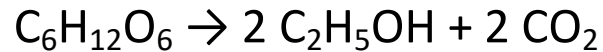
3. fotoheterotrofní (fotoorganotrofní) - nesírné purpurové bakterie - anaerobní
fotosyntéza (organickou látkou bude methan, acetát, pyruvát atd.)



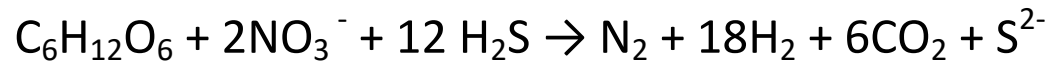
*„Bez přátelství
není pravého života,
bez přátelství je život nicotný.“*
Marcus Tullius Cicero

4. chemoheterotrofní (chemoorganotrofní)

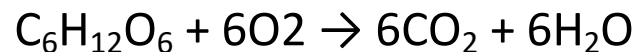
a) fermentující bakterie - ethanolové, mléčné i propionové kvašení



b) anaerobně respirující bakterie - energii získávají oxidací organických látek pomocí kyslíku, jenž je vázán v anorganických sloučeninách, např. denitrifikační bakterie:



c) aerobně respirující bakterie: organickou látku oxidují O_2 (tzn., jako lidi)



BIOCHEMIE

32 ATP



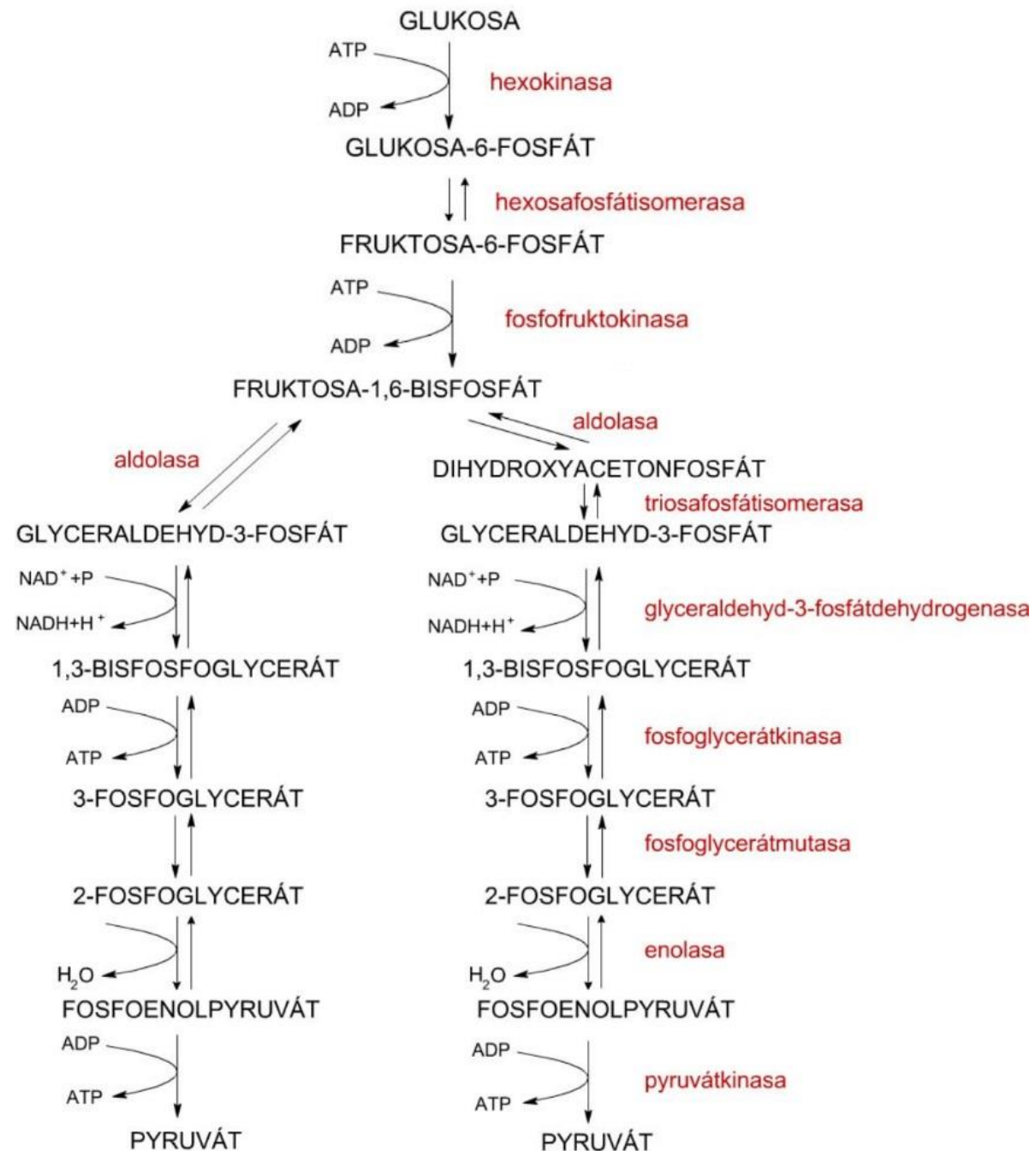
Aerobní
glykolýza

2 ATP

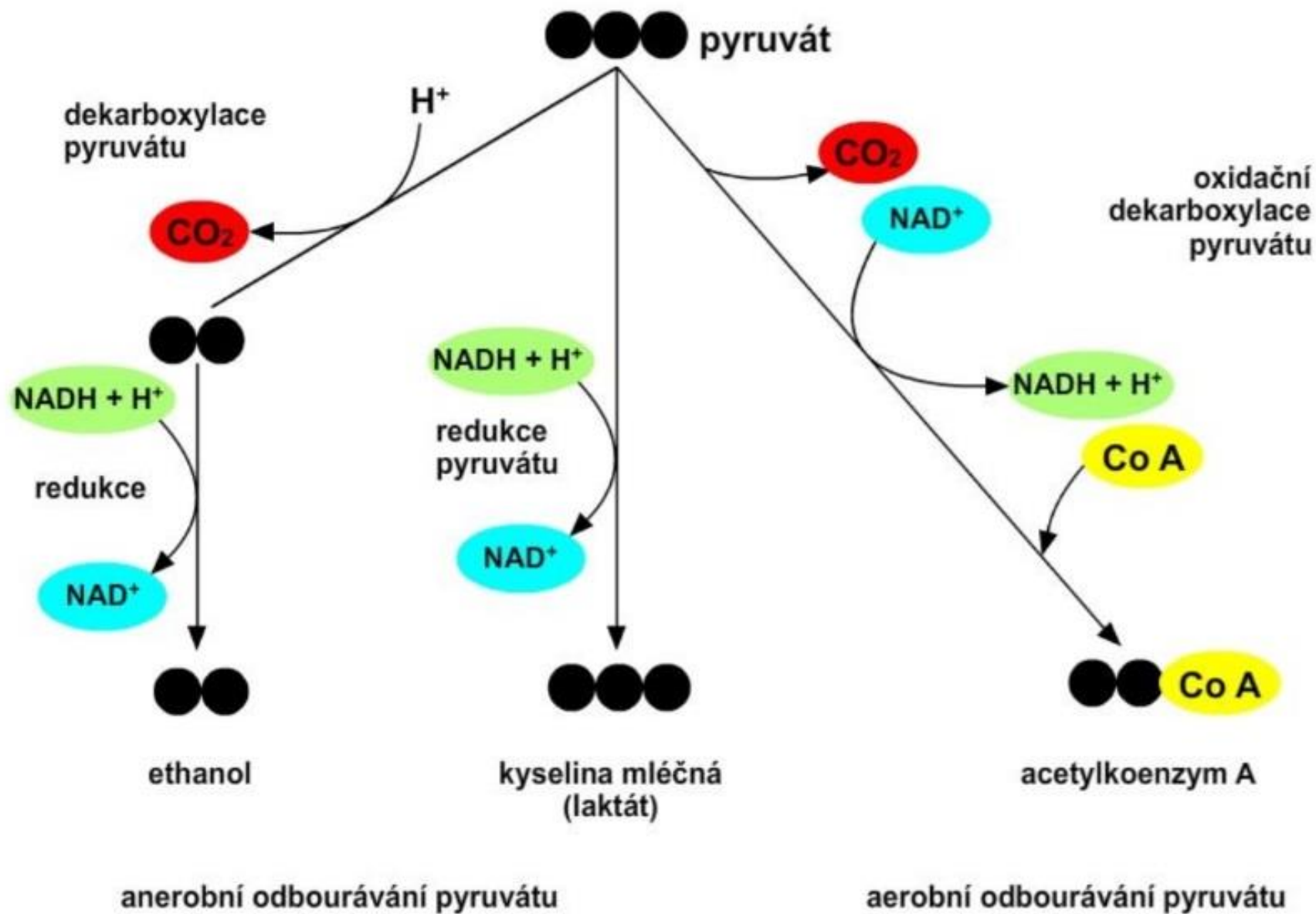


Anaerobní
glykolýza

GLYKOLÝZA



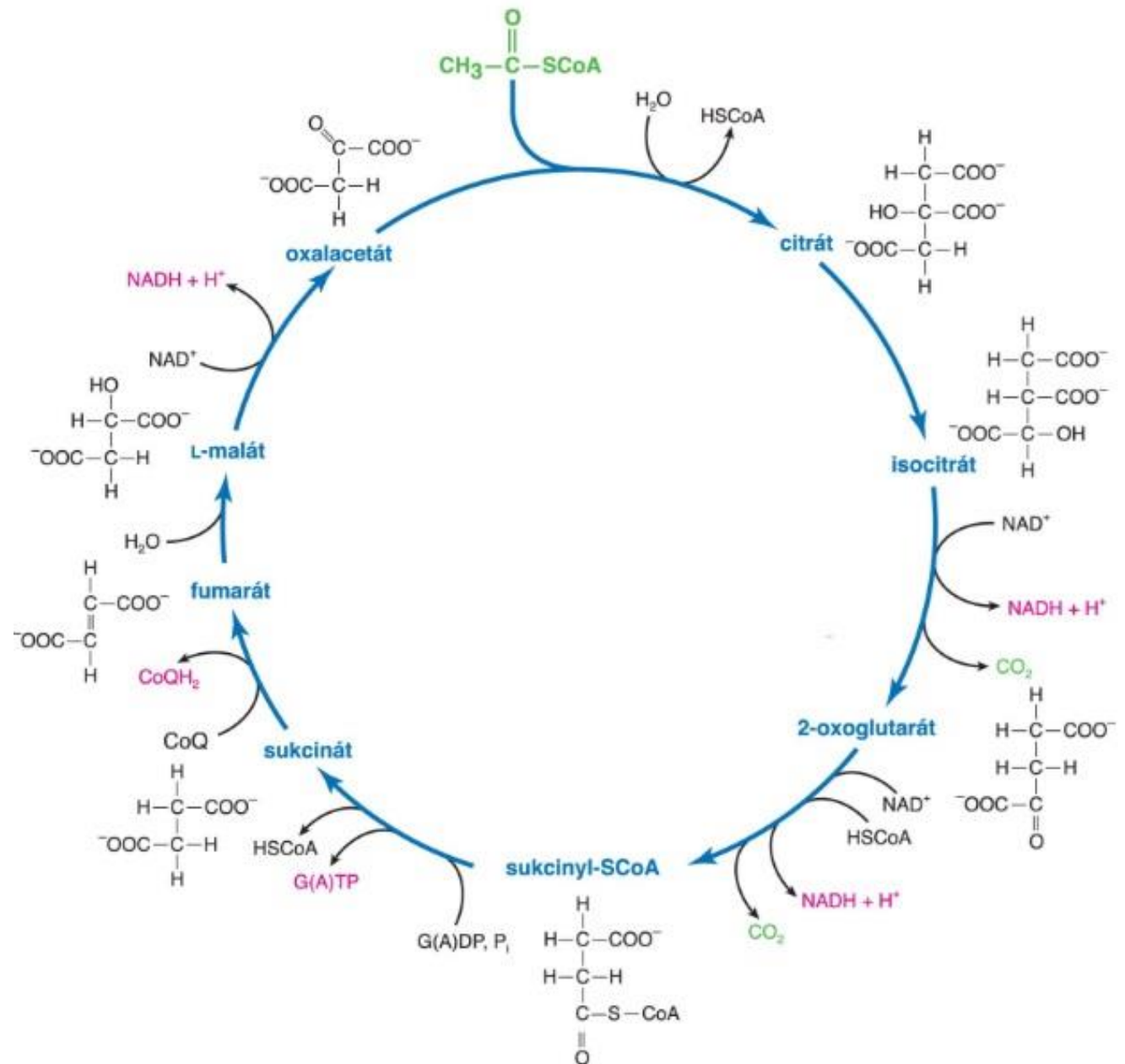
odbourávání pyruvátu



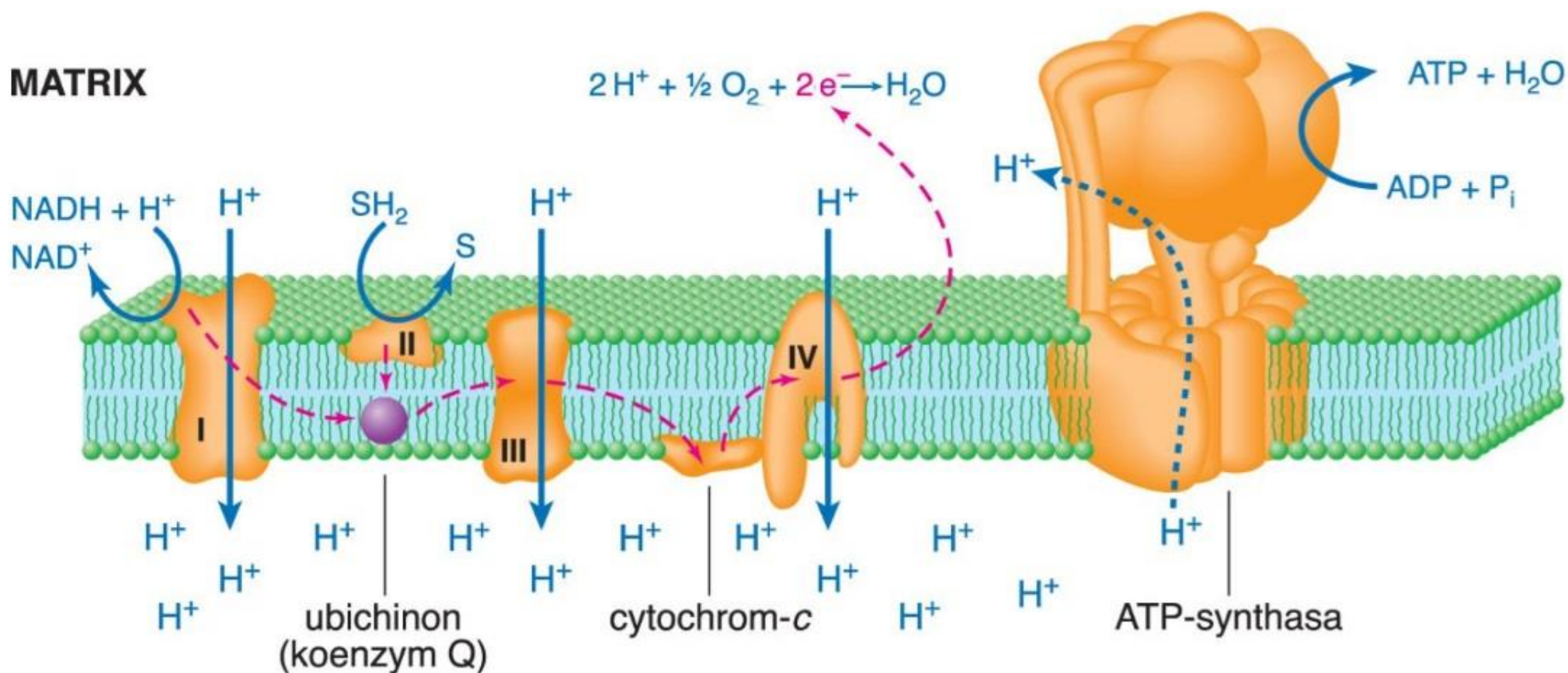
dehydrogenace navazuje dýchací řetězec

dekarboxylace

fosfátová fosforylace



MATRIX



MEZIMEMBRÁNOVÝ PROSTOR

Systém prokaryot zahrnuje nadříši prokaryota a dále říši prvobuněční (Protocellulata), která se dělí na několik oddělení, jako jsou bakterie (Bacteria), sinice (Cyanophyta) a prochlorofyty (Prochlorophyta). Oddělení bakterií se dále rozděluje do tří kategorií a devatenácti skupin:

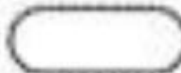
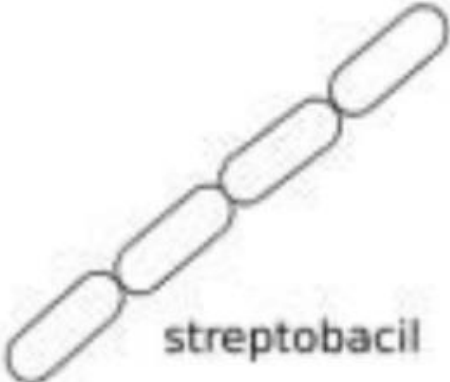
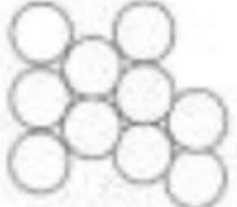
- Gramnegativní (G-) skupiny 1 až 12.
- Grampozitivní (G+) skupiny 14 až 17.
- (G+ i G-) skupiny 13 a 18.
- Mykoplazmata skupina 19.

Podrobnější rozdělení zahrnuje různé typy bakterií, například:

1. Fototrofní bakterie — sirné a nesirné.
2. Bakterie s klouzavým pohybem.
3. Pochvaté bakterie.
4. Bakterie množící se pučením nebo tvořící extracelulární výběžky.

5. Spirochety.
6. Spirily a zakřivené bakterie.
7. G- aerobní tyčky a koky.
8. G- fakultativně anaerobní tyčky a koky.
9. G- anaerobní bakterie.
10. G- koky a kokobacily.
11. G- anaerobní koky.
12. G- chemolitotrofní bakterie.
13. G+ a G- bakterie produkující metan.
14. G+ koky.
15. G+ tyčky a koky tvořící endospory.
16. G+ asporogenní tyčky.
17. Aktinomycety a příbuzné organismy.
18. Rickettsie.
19. Mykoplazmata.

Tvary bakterií

KOKY	BACILY	SPIRILY
 diplokok	 bacil	 spirila
 tetrakok	 diplobacil	 spirochéta
 streptokok	 streptobacil	 vibrio
 stafylokok		

5. skupina - Spirochety

Spirochety jsou **anaerobní, chemoorganotrofní tyčkovité bakterie**.

a) **Borrelia burgdorferi** – způsobuje **lymskou boreliózu**

- Napadá **klouby, svaly a nervový systém**, v těžších případech může vést až k ochrnutí.
- Přenáší ji **klíšťata a vši**.

b) **Treponema pallidum** – způsobuje **syfilis (lues, příjici)**

Toto onemocnění probíhá ve **třech stádiích**:

První stádium – V oblasti genitálií se objeví vřídek, který po několika dnech zmizí. Infekce se však dál šíří v těle.

Druhé stádium – Trvá několik týdnů, bakterie napadají cévní systém, pojivové tkáně a orgány jako játra. Na těle se mohou objevit pigmentové skvrny.

Třetí stádium – Toto stádium může trvat i několik let. Je neléčitelné a nemoc končí nervovou paralýzou a smrtí.

7. skupina – G⁻ aerobní tyčky a koky

Bakterie této skupiny jsou obligátně aerobní a heterotrofní, některé druhy jsou autotrofní.

Nepatogenní druhy - fixují vzdušný dusík

- a) **Rhizobium (hlízkové bakterie)** – symbiotické bakterie, které žijí v blízkém vztahu s kořeny bobovitých rostlin. Pomáhají jim fixovat N₂ a na oplátku získávají uhlíkaté živiny z rostliny.
- b) **Azotobacter** – také fixuje N₂, ale na rozdíl od Rhizobium nežije v symbióze s rostlinami.
- c) nepatogenní - **Denitrifikační bakterie** – přeměňují NO₃⁻ a NO₂⁻ na N₂.
- d) **Pseudomonas** – bakterie běžně se vyskytující v půdě, některé její druhy mohou být patogenní.

Patogenní bakterie:

- e) **Pseudomonas aeruginosa** – může vyvolat záněty v jakékoliv tkáni, kde se usadí.
- f) **Bordetella pertussis** – způsobuje dávivý kašel neboli černý kašel.
- g) **Francisella tularensis** – vyvolává tularémii, což je onemocnění postihující nejen člověka, ale i další savce, často se projevující zánětem spojivek.

8. G⁻ fakultativně anaerobní tyčky a koky

- a) **Escherichia coli** – běžně se vyskytuje jako komenzál v tlustém střevě obratlovců. Pokud se dostane mimo trávicí soustavu, může způsobit infekce. Je také modelovým organismem v genetických studiích.
 - b) **Salmonella typhi** – způsobuje břišní tyfus, vážné zánětlivé onemocnění střev, které může být smrtelné.
 - c) **Salmonella typhimurium** – vyvolává salmonelózu, běžné střevní onemocnění v ČR.
 - d) **Shigella dysenteriae** – původce úplavice, což je těžký zánět střev. Tento patogen se může využít jako biologická zbraň – jeho záměrné šíření ve vodních zdrojích může způsobit epidemie.
 - e) **Yersinia pestis** – bakterie odpovědná za mor, který v minulosti způsobil několik pandemií.
 - Přenašeči jsou blechy v srsti krys a potkanů. Původně se bakterie vyskytla v Asii.
 - Potenciálně použitelná jako biologická zbraň při zamoření vodních zdrojů.
 - Morové pandemie v letech 1347 a 1353 způsobily úmrtí až ⅓ evropské populace.
 - Existují tři formy moru: dýmějový, septický a plicní.
- Y. pestis se vyvinula z Yersinia pseudotuberculosis, přičemž klíčovou roli v její evoluci hrály získané plazmidy pMT1 a pPCP1.
- f) **Vibrio cholerae** – původce cholery, závažného střevního onemocnění. Stejně jako Shigella dysenteriae může být použita jako biologická zbraň při záměrném zamoření vodních zdrojů.

10. G⁻ koky a kokobacily

- a) **Neisseria gonorrhoeae** – bakterie způsobující kapavku. Neléčená infekce může vést ke sterilitě.
- b) **Neisseria meningitidis** – původce zánětů mozkových blan.

Meningokokové onemocnění typu A, B, C, W-135, Y lze předejít očkováním.

Nejvíce ohroženi jsou děti předškolního věku a mladiství mezi 15–20 lety. Toto onemocnění často postihuje osoby, které byly předtím zcela zdravé.

Více informací: www.meningokok.cz

12. G⁻ chemolitotrofní bakterie

Nepatogenní bakterie: Nitrifikační bakterie oxidují $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$.

Zástupci: Nitrobacter, Nitrococcus.

14. G⁺ koky

Staphylococcus aureus – způsobuje hnisavá onemocnění poživ a kostí, včetně hnisavých angín.

Streptococcus pyogenes – vyvolává angíny (záněty hltanu, mandlí) a může vést k revmatické horečce, spále nebo růži.

15. G+ tyčky a koky tvořící endospory

Bacillus anthracis – způsobuje sněť slezinnou (také známou jako uhlák nebo anthrax).
Existují **tři formy**:

Kožní

Střevní

Plicní – nejnebezpečnější, smrt může nastat v důsledku sepse.

Clostridium botulinum – vyvolává botulismus, který je způsoben produkcí botulotoxinu (známého také jako klobásový jed).

Clostridium tetani – původce tetanusu, který vede k svalovému napětí, křečím a v těžkých případech až k selhání srdce.

16. G+ asporogenní tyčky

- **Lactobacily** – běžně se vyskytují v trávicím a pohlavním systému. Jsou symbiotické.

17. Aktinomycety a jim příbuzné organismy

Corynebacterium diphtheriae způsobuje záškrt.

Mycobacterium tuberculosis, známý jako Kochův bacil, je původcem tuberkulózy (TBC, souchotě). Toto onemocnění může napadnout jakoukoli tkáň, ale nejčastěji postihuje plíce, kde způsobuje jejich destrukci.

Mycobacterium leprae je původcem lepry (malomocenství), která se vyskytuje ve dvou formách:

- a) Tuberkulózní forma: Projevuje se vředy na kůži, není nakažlivá a je vyléčitelná.
- b) Lepromatózní forma: Také způsobuje vředy, ale je velmi nakažlivá.

Bifidobacterium bifidum je symbiotická bakterie, která se přirozeně vyskytuje ve střevní mikroflóře a přispívá ke zdravému trávení.

18. Rickettsie

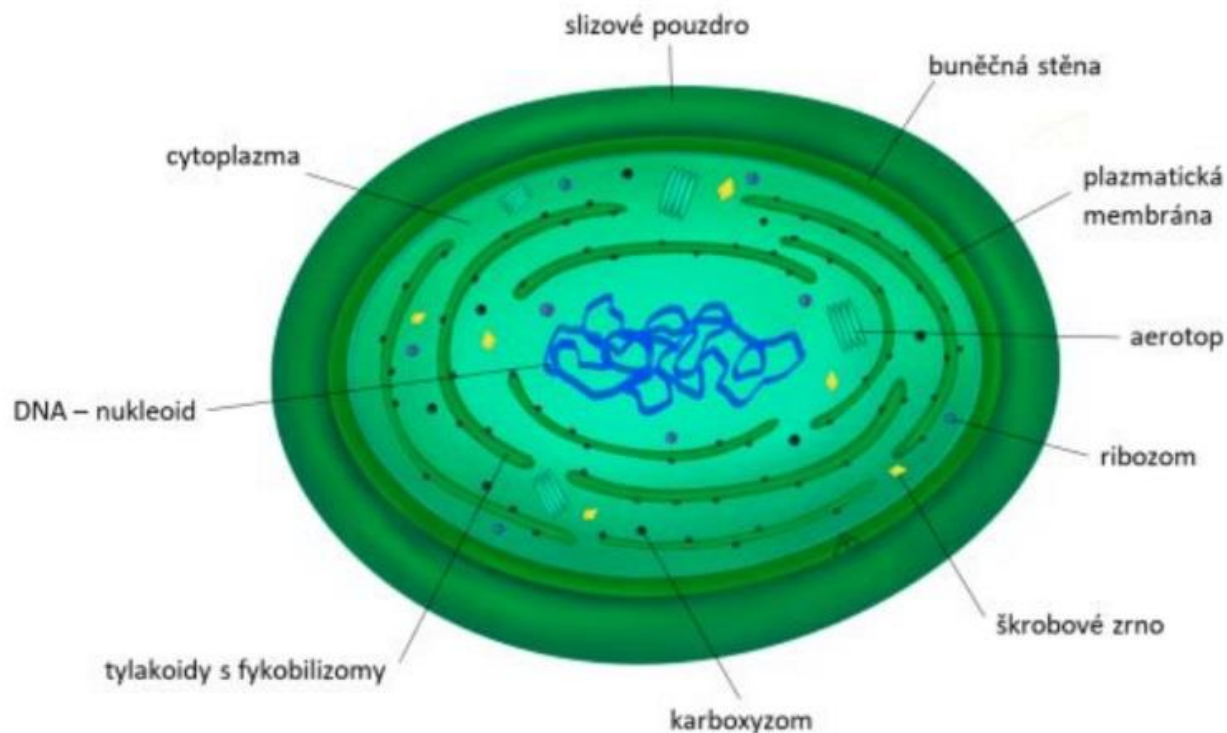
Rickettsia prowazekii způsobuje skvrnitý tyfus, což je závažné onemocnění doprovázené nekrózou tkání. Přenašečem jsou vši.

Chlamydie způsobují zánětlivá onemocnění močového (VS – vylučovací soustavy) a pohlavního systému, stejně jako infekce dýchacích cest (PS – plicní soustavy).

oddělení: Sinice (Cyanobakterie = Cyanophyta)

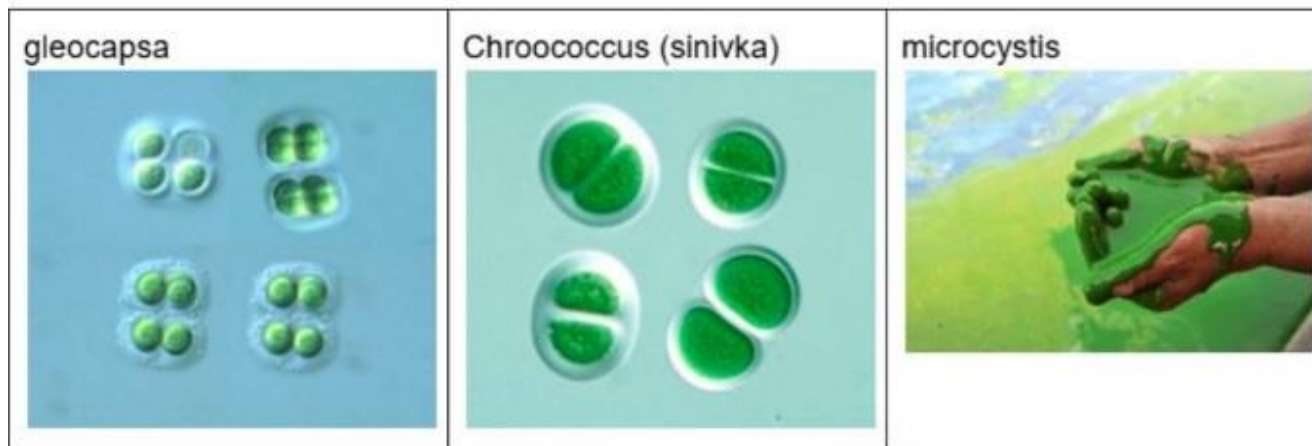
1) Jsou to kosmopolitní, fotosyntetizující **G-** eubakterie o velikosti buněk většinou 1-10 mikrometrů.

2) Základní strukturou fotosyntetického aparátu jsou tylakoidy obsahující hlavní fotosyntetický pigment **chlorofyl** a další barviva. Na povrchu thylakoidů jsou **fykobilizomy** obsahující pro sinice specifická barviva **fykobiliproteiny** - modrý **fykocyanin** a červený **fykoerytrin**, tvořící světlosběrnou anténu, která umožňuje sinicím mj. fotosyntézu při velmi nízké hladině osvětlení.

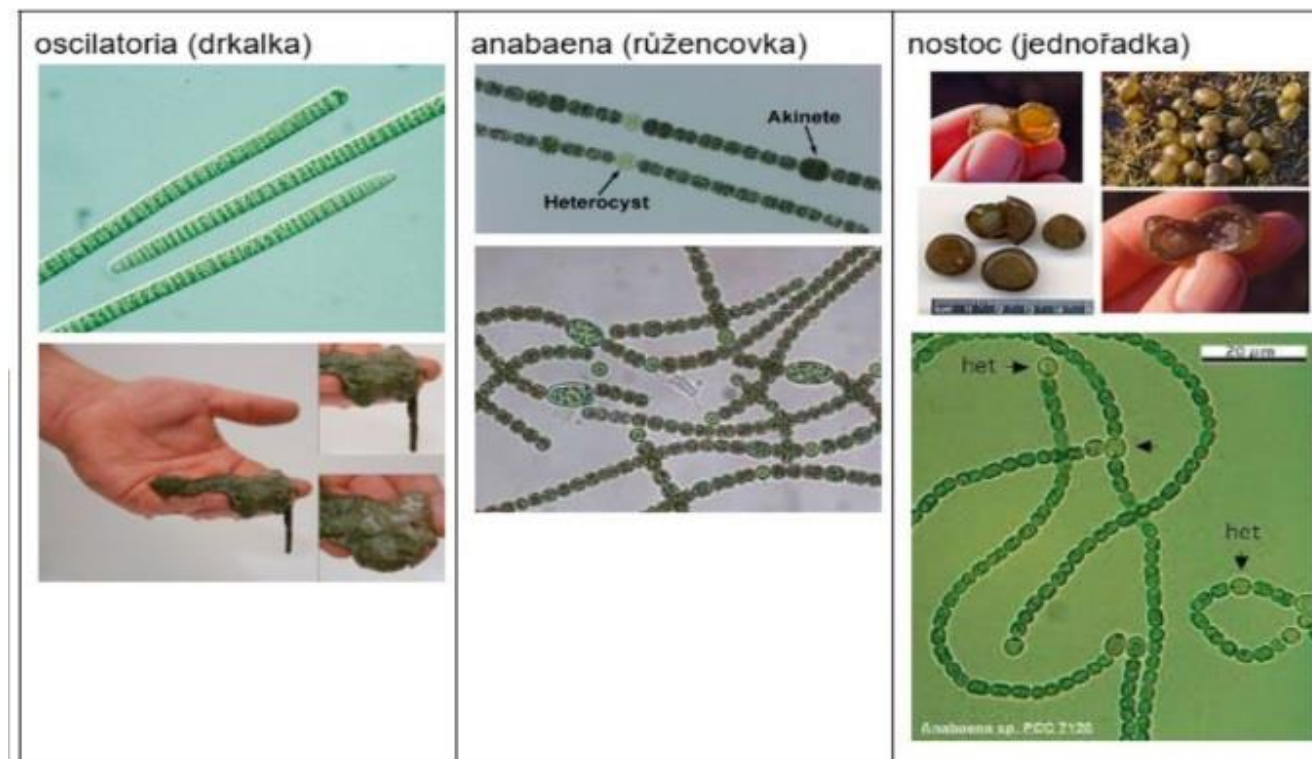


3) Stélky sinic mohou být:

a) jednobuněčné

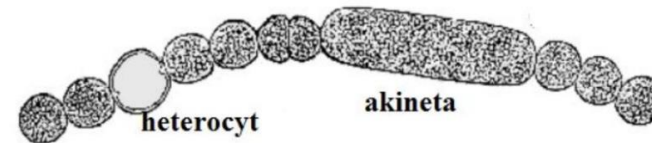


b) vláknité



- 4) **Aerotopy** (plynové měchýřky) snižují hmotnost buněk a umožňují planktonním sinicím vznášet se ve vodním sloupci.
- 5) **Heterocyty** jsou specializované tlustostěnné buňky, které umožňují vázat plynný N a syntetizovat z něj NH_4^+ .
- 6) **Artrospory (akinetety)** jsou tlustostěnné útvary bohaté na živiny, které umožňují sinicím přežít nepříznivé podmínky.

7) **Rozmnožování:**



- a) Jednobuněčné - dělením.
- b) Vícebuněčné - **Hormogonií** – několik buněk (část vlákna) se oddělí od mateřského vlákna a doroste do původní velikosti či **Akinetami** – několik spojených buněk obalených tlustou buněčnou stěnou. Při klíčení prorazí stěnu a vyvinou se v hormogonium.
- 8) **Zásobní látky** - ukládají energii ve formě sinicového škrobu a glykogenu.
- 9) **Význam:**
 - a) zúrodnění rýžových polí, dietetický potravní doplněk, netoxické barvivo, pesticidy, cytostatika, antibiotika apod.
 - b) Vytvářejí lišejníky, což je symbióza sinice s houbou (nebo řasou a houbou).
 - c) Negativní význam - vzniká vodní květ, jakožto EUTROFIZACE – do vody se splachují hnojiva obsahující dusík (N), fosfor (P) a draslík (K), což podporuje jejich růst.
 - d) Cyanobakterie měly zásadní podíl na vytvoření kyslíkaté atmosféry na Zemi. Objevily se před 3–2,5 miliardami let a přibližně před 2 miliardami let se staly dominantní skupinou organismů na Zemi.

Oddělení prochlorofyty

Prochlorofyty jsou **prokaryotické, autotrofní organismy**, které se vyznačují schopností fotosyntézy.

Stavbou buněk se podobají sinicím, ale v jejich tylakoidech se nachází **chlorofyl a**, **chlorofyl b** a karotenoidy.

Přítomnost **chlorofylu b** potvrzuje **vývojovou spojitost prochlorofytů s eukaryotickými organismy**.

*„Není důležité,
co s námi život udělá,
ale co my uděláme s životem.“*
Gerhard Uhlenbruck

13.

Pracovní list

Mikrobiologie, fyziologi buňky, viry, prokaryota

Laboratorní cvičení z mikrobiologie

1. Luminiscenční bakterie:
 - a) Zkaplněte agar - plastovou nádobku s agarem zahřejte ve vodní lázni, dokud nezkapalní. (nádobka musí být co nejvíce ponořená)
 - b) Naplňte Petriho misky - nádobku vyjměte z lázně, promíchejte krouživými pohyby a ihned rovnoměrně nalijte na Petriho misky. Uzavřete a agar nechte ztuhnout (10-15min.)
 - c) Naočkujte luminiscenční bakterie - očkovací kličku ponořte do kultury bakterií a poté ji přeneste na připravenou Petriho misku. Nakreslete libovolný obrázek.
 - d) Inkubace - Petriho misku uložte do chladničky víčkem dolů, po 3-4 dnech se objeví organismy svítící ve tmě.
 2. Jaké barvy mají kolonie bakterií?
 - a) E.coli _____
 - b) Pseudomonas _____
 - c) Streptococcus _____
 - d) Enterococcus _____
 3. Jak reagovaly bakterie pseudomonas na UVsvětlo? _____
 4. Jak reagovala kolonie Streptococcus a Enterococcus po přikápnutí peroxidu? _____
-
5. Jak reaguje indikátorový papírek OXIDÁZA po přiložení ke kultuře Pseudomonas aeruginosa a E.coli?

 6. Kde se přirozeně vyskytuje bakterie E.coli? _____
 7. Živnou půdou pro bakterie je agar. Z čeho se agar získává? _____
 8. Urči podle pozorování trvalých preparátů, zda se jedná o G+ nebo G- bakterie. Jaký mají tvar? Nakresli bakterie pozorované v mikroskopu:

13.

Test

Mikrobiologie, fyziologi buňky, viry, prokaryota

1. Je-li zdrojem energie H₂S, jedná se o: 688
 - a) heterotrofii
 - b) fotoautotrofii
 - c) chemoautotrofii
 - d) mixotrofii
2. Katabolismus: 531
 - a) jsou procesy, při nichž v buňce převládá rozklad zásobních látek
 - b) je proces, kdy organismus získává ATP
 - c) jsou procesy, kdy z jednodušších molekul vznikají složitější
 - d) je výraz pro katalytickou schopnost enzymů
3. Alkoholové kvašení: 571
 - a) probíhá v anaerobních podmínkách
 - b) probíhá v aerobních podmínkách
 - c) je zpracování alkoholu kvasinkami
 - d) je proces při němž vzniká CO₂
4. Heterotrofní buňky: 568
 - a) získávají energii pouze anabolismem
 - b) jsou buňky většiny bakterií, hub a živočichů
 - c) jsou buňky zelených rostlin
 - d) využívají energii organických sloučenin
5. Při exergonických reakcích: 684
 - a) se uvolňuje volná energie
 - b) se spotřebovává volná energie
 - c) se spotřebovává teplo
 - d) nedochází k přeměně energie
6. Při úplné oxidaci 1 molekuly glukózy může vzniknout přibližně: 706
 - a) 3 molekuly ATP
 - b) 30 molekul ATP
 - c) 300 molekul ATP
 - d) více než 300 molekul ATP
7. Anaerobní glykolýza je proces: 690
 - a) štěpení glukózy
 - b) štěpení kyseliny pyrohroznové
 - c) oxidace anorganických látek
 - d) dehydrogenace anorganických látek
8. Mezi primární procesy fotosyntézy patří: 475
 - a) fotolýza vody
 - b) redukce CO₂ na sacharidy
 - c) fotorespirace
 - d) změna energie světelného záření na energii chemických vazeb
9. Genom viru může obsahovat: 420
 - a) jednovláknovou DNA
 - b) dvouvláknovou DNA
 - c) jednovláknovou RNA
 - d) dvouvláknovou RNA
10. Herpesviry: 431
 - a) některé vyvolávají opary
 - b) některé jsou onkogenní

- c) patří mezi ně cytomegalovirus
- d) jsou řazeny mezi neobalené DNA
- 11. Bakterie mohou být: 409
 - a) autotrofní
 - b) heterotrofní
 - c) chemotrofní
 - d) fototrofní
- 12. Provirus je: 416
 - a) formou začlenění DNA infikující virionu do chromosomu napadené buňky
 - b) formou začlenění DNA bakterie do DNA bakteriofága
 - c) obdobou profága u bakteriofágů
 - d) výrazem pro virion bez kapsidy
- 13. Chemoorganotrofní bakterie: 435
 - a) získávají energii oxidací redukovaných organických látek, např. glukózy
 - b) získávají energii redukcí organických látek, např. glukózy
 - c) využívají vždy kyslík jako oxidační látku
 - d) nemohou žít bez kyslíku
- 14. Jako grampozitivní se označují bakterie, které: 458
 - a) mají v barvení podle Grama modrofialovou barvu
 - b) mají v barvení podle Grama červenou barvu
 - c) netvoří spory
 - d) obsahují silnou vrstvu peptidoglykanu v buněčné stěně
- 15. Plazmidy: 443
 - a) obsahují kruhovou DNA
 - b) obsahují kruhovou RNA
 - c) se replikují nezávisle na bakteriálním chromosomu
 - d) obsahují např. geny pro rezistenci k antibiotikům
- 16. Při transdukci u bakterií může být přenesen/a: 438
 - a) jak fragment chromosomální tak plasmidové DNA
 - b) pouze plasmidové DNA a nikoliv chromosomální
 - c) pouze chromosomální DNA a nikoliv plasmidové
 - d) pouze plasmidové RNA
- 17. Obligátně(striktně) aerobní prokaryota: 451
 - a) rostou jen za přítomnosti kyslíku
 - b) získávají energii aerobní respirací
 - c) rostou jen bez přístupu kyslíku
 - d) mohou růst za přístupu nebo i bez přístupu kyslíku
- 18. Bakteriálního původu jsou všechny čtyři choroby: 1559
 - a) spála, spalničky, tuberkulóza, infekční žloutenka
 - b) malárie, vzteklna, hemofilie, úplavice
 - c) záškrt, angina, spála, kapavka
 - d) břišní tyfus, tetanus, tuberkulóza, dýmějový mor
- 19. Streptokoky tvoří: 447
 - a) hrozny
 - b) řetízky
 - c) dvojice
 - d) spirály
- 20. Virová DNA: 412

- a) kóduje strukturu kapsidu
- b) kóduje enzymy pro energetický metabolismus
- c) se může stát součástí jaderného genomu
- d) tvoří chromosom obdobný eukaryotickému